

Master of Science in Geography

Comment adapter le projet urbain aux changements climatiques ?
L'exemple de l'application des solutions basées sur la nature dans le
projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre ».

Alma de Cerf

Sous la direction de la Dre Joëlle Salomon Cavin
Sous l'expertise de Maude Sauvain



Ce travail n'a pas été rédigé en vue d'une publication, d'une édition ou diffusion. Son format et tout ou partie de son contenu répondent donc à cet état de fait. Les contenus n'engagent pas l'Université de Lausanne. Ce travail n'en est pas moins soumis aux règles sur le droit d'auteur. À ce titre, les citations tirées du présent mémoire ne sont autorisées que dans la mesure où la source et le nom de l'auteur-e sont clairement cités. La loi fédérale sur le droit d'auteur est en outre applicable.

Illustration de couverture :

Illustration issue du Rapport concernant la vision d'aménagement de la ville, Neuchâtel 2050, p.49 (Ville de Neuchâtel, 9 mars 2020).

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire et qui m'ont aidée de près ou de loin lors de sa rédaction.

Je voudrais dans un premier temps remercier ma directrice de mémoire, Dre. Joëlle Salomon Cavin pour son encadrement et son expertise académique ainsi que pour ses judicieux conseils qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je remercie également Maude Sauvain pour son expertise professionnelle et le temps accordé pour un entretien particulièrement enrichissant autour des questions de mise en œuvre des projets urbains et des enjeux climatiques dans nos villes.

Un grand merci également à Silvia Almeida, Lionel Tudisco, Damian Jerjen, Mathieu Petite et Dominique Robyr Soguel pour m'avoir accordé de leur temps pour des entretiens et qui m'ont offert un précieux éventail d'informations sans lesquelles ce travail n'aurait pas été possible.

Enfin, je remercie mes parents pour leur soutien sans faille et leurs relectures attentives, Ahmed pour sa capacité à me transmettre sa motivation et sa présence durant les moments de doute, mes anciens collègues d'EspaceSuisse pour leurs encouragements et leur bonne humeur qui m'ont motivé durant l'année 2021, mes amies de longue date pour leur réconfort et finalement mes ami.es de l'Université de Lausanne pour les multiples échanges autour de nos mémoires et notamment Maeva pour sa relecture mais surtout pour ces bons moments passés durant ces années de Master de géographie.

Résumé

Aujourd'hui, les changements climatiques posent un grand nombre de problèmes. Les villes et les environnements urbains peuvent être touchés par le phénomène d'îlot de chaleur qui génère des différences de températures pouvant être supérieures à 10 °C entre un centre-ville et la région rurale alentour. Les impacts et les enjeux des îlots de chaleur urbains sont nombreux et questionnent la fabrication de la ville durable de demain. En se référant au concept des solutions basées sur la nature, ce travail a pour but d'interroger la manière dont l'aménagement du territoire intègre aujourd'hui les questions d'adaptation aux changements climatiques dans le projet urbain. Pour ce faire, le projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre », proposant des mesures pilotes traitant du phénomène d'îlot de chaleur urbain, a été sélectionné comme cas d'étude. L'analyse permet de relever que l'intégration des solutions basées sur la nature dans un projet urbain doit encore faire face à différentes contraintes. Celles-ci sont principalement liées à des lacunes de connaissances sur les plus-values des solutions basées sur la nature, de lacunes de compétences de la part des concepteurs de projet et de gouvernance adaptée de la part des décideurs. De plus, l'implantation et l'entretien de la végétation urbaine révèlent également des contraintes d'ordre technique. Pour y remédier, une série de mesures de sensibilisation, d'adaptation politique et de collaboration interdisciplinaire est nécessaire.

Abstract

Today, climate change sets a number of challenges. In this context, cities and urban environments can be affected by the heat island phenomenon, which generates temperature differences that can exceed 10°C between a city center and the adjacent rural area. The impacts and challenges of urban heat islands are numerous and question the making of tomorrow's sustainable city. By referring to the concept of nature-based solutions, this work aims to question the way in which land use planning and urban projects today integrate climate change adaptation issues into urban planning. To do this, the project « Serrières, vers une fraîcheur de vivre », which is proposing pilot measures dealing with the phenomenon of urban heat islands, was selected as a case study. The resulting analysis shows that the integration of nature-based solutions in an urban project still faces various limitations. These are mainly related to lack of knowledge about the added value of nature-based solutions, lack of skills on the part of project designers and lack of appropriate governance on the part of decision-makers. In addition, the implementation and maintenance of urban vegetation also reveals technical constraints. To overcome this, a range of awareness raising, policy adaptation and interdisciplinary collaboration is required.

Mots-clés

Projet urbain – Solutions basées sur la nature – Changements climatiques – Îlots de chaleur urbains – Adaptation – Contraintes – Serrières – Neuchâtel

Keywords

Urban project - Nature-based solutions - Climate change - Urban heat islands - Adaptation - Constraints - Serrières - Neuchâtel

Table des matières

1. Introduction	9
2. Changements climatiques et villes	11
2.1. Les effets des changements climatiques.....	11
2.2. Les stratégies face aux enjeux climatiques.....	13
2.3. La politique climatique suisse	14
2.4. La politique climatique neuchâteloise	16
3. Etat de l'art.....	21
3.1. Les îlots de chaleur urbains	21
3.1.1. Définition.....	23
3.1.2. Facteurs influençant les îlots de chaleur urbains	24
3.1.3. Impacts et enjeux	26
3.2. La nature en ville	27
3.2.1. Evolution de la définition	27
3.2.2. Le rôle écologique et environnemental de la nature en ville	27
3.3. L'écologie urbaine.....	29
3.3.1. Le projet urbain écologique.....	29
3.3.2. L'écologie scientifique	29
3.3.3. L'écologie dans la ville	30
3.3.4. L'écologie de la ville	30
3.3.5. L'écologie pour la ville	30
3.3.6. Une nouvelle écologie urbaine.....	31
3.4. Les infrastructures vertes urbaines	32
3.5. Les solutions basées sur la nature	33
3.5.1. Une définition.....	33
3.5.2. Les solutions basées sur la nature dans la planification urbaine	34
3.5.3. Les enjeux à la mise en œuvre des solutions basées sur la nature	36
3.6. Le projet urbain	39
3.6.1. Une définition du projet urbain	39
3.6.2. La mise en œuvre d'un projet urbain	40
3.6.3. Spécificités des projets urbains dans les secteurs déjà bâtis	40
3.6.4. Projet urbain et notion de réversibilité comme leviers d'action	41
3.6.5. La participation	41
3.7. Conclusion.....	42
4. Problématique.....	43
4.1. Questionnement général.....	43
4.2. Question générale de recherche et sous-questions.....	44
5. Méthodologie.....	45
5.1. Cadre méthodologique général.....	45
5.2. Littérature scientifique	46
5.3. Documents cadres.....	46
5.4. Entretiens.....	46
5.4.1. Entretien exploratoire	47
5.4.2. Entretiens semi-directifs.....	47
5.5. Terrain d'étude	49
5.5.1. Le projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre »	49
5.5.2. Situation initiale	51
5.5.3. Objectifs du projet	52
5.6. Étude comparative.....	55
5.6.1. Le projet « Cool City ».....	56
5.6.2. Le projet « AcclimataSion »	58

5.6.3. Critères de comparaison	60
5.7. Limites méthodologiques.....	61
6. Résultats	62
6.1. Les contraintes à l'intégration des solutions basées sur la nature	62
6.2. Un manque d'information de la population	63
6.3. Des compétences professionnelles nouvelles à assimiler	65
6.4. Une collaboration insuffisante entre les acteurs publics.....	66
6.5. Des contraintes techniques et d'entretien.....	69
6.6. Saisir les opportunités liées à la mise en œuvre	72
6.6.1. Le projet pilote comme outil d'expérimentation	72
6.6.2. Les atouts de la collaboration transversale entre acteurs.....	74
6.6.3. Comprendre le fonctionnement de la nature en ville.....	76
6.6.4. S'inspirer des bonnes pratiques.....	77
7. Discussion	80
7.1. Rappel des objectifs.....	80
7.2. Politique climatique : des orientations stratégiques au projet urbain.....	80
7.3. Les outils de mise en œuvre	81
7.4. Les acteurs impliqués dans le processus d'intégration	82
7.5. Les contraintes et les opportunités	82
8. Conclusion	85
Bibliographie	88
Publications scientifiques	88
Actes législatifs, règlements et rapports.....	94
Sites internet	96
Articles de journaux	98
Tables des illustrations.....	99
Figures	99
Tableaux.....	100
Annexes.....	101

Liste des abréviations et acronymes

ARE	Office fédéral du développement territorial
FSU	Fédération suisse des urbanistes
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
LAT	Loi sur l'aménagement du territoire
NCCS	National Centre for Climate Services
OFEV	Office fédéral de l'environnement
PAL	Plan d'aménagement local
PDC	Plan directeur cantonal
PDCom	Plan directeur communal
PGA	Plan général d'affectation
SITN	Système d'information du territoire neuchâtelois
UE	Union européenne

1. Introduction

Dans un contexte de changement climatique global où les températures moyennes atmosphériques et océaniques augmentent (IPCC, 2014), tous les écosystèmes subissent des modifications et les systèmes urbains ne sont pas épargnés. Aujourd'hui, nous sommes confrontés à des défis croissants liés au changement climatique et à l'urbanisation. Avec plus de la moitié de la population mondiale vivant en région urbaine (Wu, 2014), la ville constitue un système au cœur de la problématique environnementale et du changement climatique (Quenault, 2013). Elle représente également le lieu où se concentrent les activités économiques, les services publics et la majorité des flux de matière et d'énergie. Le régime d'urbanisation actuel et l'augmentation constante de la population impliquent une importante demande de sol, une forte importation et consommation de matières premières et d'énergie, des rejets considérables de polluants et une importante production de déchets (Barles, 2002 ; Da Cunha, 2015).

Ceci pose la question de l'habitabilité de la ville, notamment liée au phénomène d'îlots de chaleur urbains. Ce phénomène thermique provoqué par l'occupation du sol, la morphologie urbaine, les matériaux, les couleurs, et les activités humaines, génère des différences de température pouvant être supérieures à 10°C entre une ville et la région rurale adjacente (Fallot et Rebetz, 2008). Les îlots de chaleur urbains suscitent alors des problèmes en termes de qualité de l'air, de stress thermique, de consommation énergétique, pouvant mener jusqu'à l'inégalité sociale et écologique. Il est possible d'en limiter l'effet en agissant sur les facteurs physiques et urbanistiques qui les influencent.

Traditionnellement, les urbanistes et les praticiens de l'aménagement du territoire se sont appuyés sur des solutions d'ingénierie conventionnelles pour s'adapter au changement climatique, mais on sait aujourd'hui que ces solutions ne sont pas toujours rentables, suffisantes ou durables (Kabisch et al., 2017). Pour cela, les solutions basées sur la nature apparaissent comme des moyens pour relever les défis sociétaux liés au changement climatique et à l'urbanisation de manière durable. En utilisant les services des écosystèmes, les solutions basées sur la nature représentent des solutions innovantes pour atteindre des objectifs environnementaux et sociétaux, notamment pour adapter les villes aux effets des changements climatiques.

Dans cette optique, le présent mémoire s'intéresse au projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » qui est en cours de réalisation dans un quartier de la ville de Neuchâtel. Ce projet de réaménagement urbain comporte un volet climat qui traite spécifiquement du phénomène

d'îlot de chaleur urbain et qui propose des mesures pilotes pour en limiter l'impact à l'échelle locale.

Ce mémoire interroge la manière dont l'aménagement du territoire et la planification urbaine intègrent aujourd'hui ces questions d'adaptation aux changements climatiques dans le projet urbain en tenant compte du concept des solutions basées sur la nature.

Ce travail examine tout d'abord la politique climatique actuelle en Suisse, puis propose un état de l'art sur les questions générales du développement urbain durable et les outils de travail que sont le projet urbain ainsi que le concept de solutions basées sur la nature. Cet état de l'art permet par la suite d'identifier les enjeux principaux liés à la question de l'intégration des solutions basées sur la nature dans la fabrique urbaine et d'identifier la question de recherche ainsi que les sous-questions liées au cas d'étude. Le contexte local du cas d'étude que représente le projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » ainsi que ses mesures sont présentées de manière détaillée. Par la suite, des hypothèses sont formulées moyennant la proposition d'un cadre théorique. La méthodologie utilisée dans le but de répondre à la problématique spécifique est ensuite expliquée.

Par la suite, une analyse des résultats issus de l'étude de terrain et de l'étude comparative est présentée. Puis, sur la base des principaux résultats, une discussion des enjeux menant à des propositions concrètes afin d'améliorer l'intégration effective et l'application suivie des solutions basées sur la nature dans les projets urbains futurs est présentée. Cette discussion permet ensuite la confrontation avec la question de recherche, les sous-questions et les hypothèses de recherches. Finalement, la recherche se termine par une dernière intervention conclusive.

2. Changements climatiques et villes

2.1. Les effets des changements climatiques

Les changements climatiques sont aujourd'hui un fait avéré et les rapports du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) confirment avec toujours plus de précision le fait que des grands changements ont déjà eu lieu et que ceux qui nous attendent pourraient être encore bien plus importants. D'après les estimations scientifiques du cinquième Rapport d'évaluation du GIEC (IPCC, 2014), une augmentation de la température moyenne globale de la surface terrestre est annoncée et pourrait monter de 1,5 à 4,8°C si le rythme d'émissions de gaz à effet de serre actuel était maintenu. Les modifications des précipitations et la fonte de la cryosphère altèrent les systèmes hydrologiques et biogéochimiques.

Ainsi, les conséquences d'un tel changement climatique s'observent déjà : diminution des températures extrêmes froides et augmentation des températures extrêmes chaudes, élévation du niveau de la mer, acidification des océans, perte de la biodiversité, ainsi que davantage d'événements extrêmes tels que les sécheresses, les vagues de chaleur, les inondations, les cyclones et les incendies de forêts (IPCC, 2014). Dans ce travail, l'accent sera principalement mis sur un effet spécifique des changements climatiques : le phénomène d'îlot de chaleur urbain. Le phénomène d'îlot de chaleur urbain décrit des températures d'air et de surface en journée significativement plus élevées en ville que dans les zones rurales alentours, et se rafraichissant difficilement pendant la nuit (Anquez et Herlem, 2011). Ce phénomène sera défini et discuté de manière détaillée dans le chapitre 3.1.

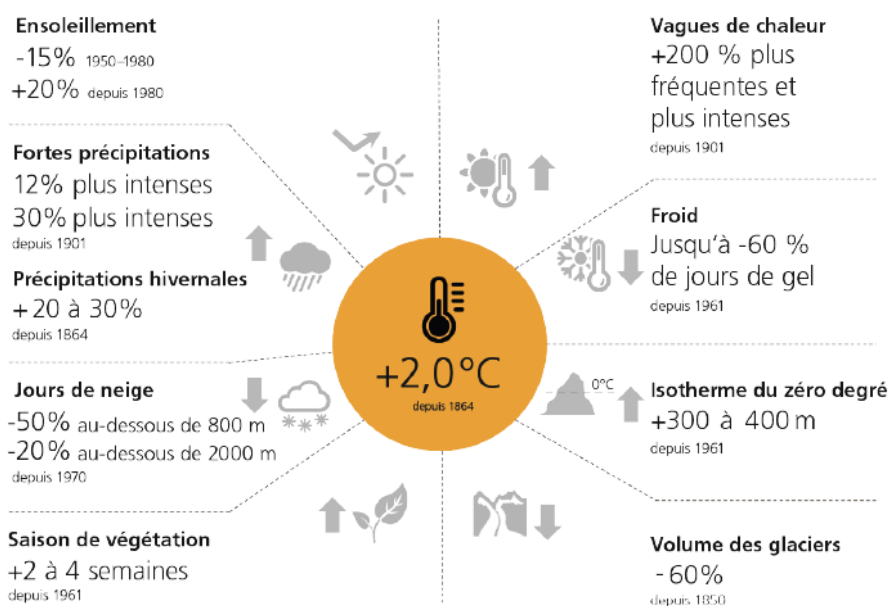


Figure 1: Synthèse des changements climatiques observés en Suisse depuis le début des mesures (MétéoSuisse).

En Suisse, les températures moyennes ont déjà augmenté de presque 2°C ces 150 dernières années (Figure 1), ce qui représente une augmentation plus importante que la moyenne mondiale qui est de 0,9°C (NCCS, 2018).

Dans son rapport « CH2018 - Scénarios climatiques pour la Suisse » (NCCS, 2018), le National Centre for Climate Services (NCCS) se base sur la période de référence 1981-2010 pour prédire les modifications climatiques que la Suisse connaîtra d'ici 2060. A cela, s'ajoutent plusieurs modifications climatiques majeures prévues qui sont illustrées dans la Figure 1.

Les conséquences principales du changement climatique en Suisse seront notamment des étés considérablement plus secs, des précipitations extrêmes plus fréquentes, des hivers peu enneigés et davantage de journées tropicales (+ de 30°C). Les températures estivales pourraient augmenter de 2,5 à 4,5°C. Parallèlement, les précipitations extrêmes se feront plus fréquentes et plus intenses, notamment en hiver alors que les quantités de neige diminueront en moyenne de moitié pour l'ensemble de la Suisse d'ici 2100. Concernant les températures maximales, elles augmenteront davantage que les températures moyennes : le jour le plus chaud de l'année en 2060 sera plus chaud de 5,5°C par rapport à celui de 2018.

Les zones urbaines de basses altitudes seront et sont déjà particulièrement touchées par les questions de stress thermiques (Hunt et Watkiss, 2011 ; NCCS, 2018). En effet, les conséquences des changements climatiques sur la nature et les personnes sont d'abord ressentis dans les villes, car celles-ci forment des microcosmes avec des gradients de température extrêmes, et à l'heure actuelle, près de la moitié de la population mondiale vit dans des zones urbaines (Kabisch, Korn, Stadler et Bonn, 2017).

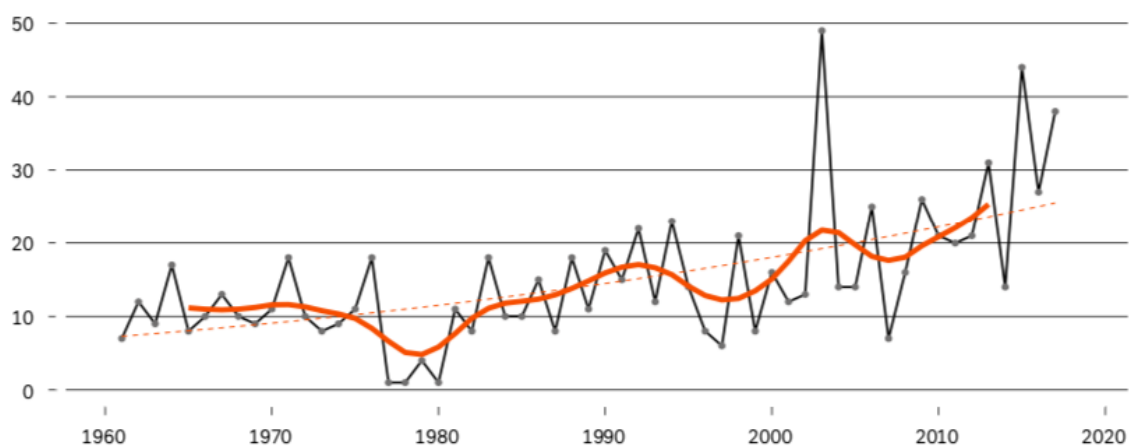


Figure 2: Nombre de jours tropicaux (température ≥ 30 °C) à Sion. (MétéoSuisse)

Ce constat et cette réalité engendrent des conséquences importantes sur le développement et la planification des villes. Un milieu bâti de façon exclusivement minéral, le manque de végétation, les polluants atmosphériques et le dégagement de chaleur peuvent générer le phénomène d'îlot de chaleur urbain dans les villes et les agglomérations. Ce phénomène génère des différences de température pouvant être supérieures à 10°C entre une ville et la région rurale adjacente. Les facteurs principaux influençant les îlots de chaleur urbains sont relatifs aux flux de chaleur issus du rayonnement solaire, lui-même étant un facteur « incontrôlable » (Masson, 2010). Les dynamiques physiques, sociales et culturelles, politiques et écologiques d'une ville diffèrent selon les régions du monde. En raison de ces dynamiques différentes, les solutions aux défis doivent être identifiées et appliquées au niveau local, où les dynamiques individuelles peuvent être comprises et traitées de manière durable. À l'heure actuelle, si les collectivités territoriales ont commencé à s'organiser pour limiter les rejets de gaz à effet de serre, la réflexion autour de l'adaptation aux changements climatiques se limite souvent au souci d'améliorer la politique existante de prévention et de gérer les aléas et risques d'origine climatique (tempête, inondation par exemple). Le manque d'anticipation et d'intérêt, les forts conflits d'intérêts locaux, ou encore la difficulté à reconnaître la responsabilité du problème des impacts du changement climatique de la part des politiques freinent la réflexion autour de la question de l'adaptation (Mangeot, Nassopoulos et Colombert, 2013). Néanmoins, certains facteurs, liés à la forme urbaine, à l'occupation du sol et ses matériaux, ainsi qu'aux activités anthropiques, sont contrôlables et peuvent être modifiés pour atténuer l'effet d'îlot de chaleur urbain, par exemple par la création d'espaces verts, la réalisation de points d'eau et le maintien de sols perméables. Les impacts et enjeux du phénomène d'îlot de chaleur urbain sur les systèmes urbains sont nombreux et doivent questionner ainsi les stratégies pour y faire face.

2.2. Les stratégies face aux enjeux climatiques

Face à l'ampleur du changement climatique et à la vulnérabilité croissante des villes et de leurs populations, plusieurs documents cadres sont rédigés par divers organismes. De la Convention-Cadre des Nations Unies sur le changement climatique (Nations Unies, 1992) adoptée au Sommet de la Terre à Rio, deux grandes stratégies ressortent : celle de l'atténuation, qui vise la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES), et celle de l'adaptation qui consiste à « *ajuster des systèmes naturels ou humains en réponse à des stimuli climatiques réels ou prévus et à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques* » (Bertrand et Richard, 2015, p. 1). Historiquement, l'atténuation et l'adaptation ont ainsi été appréhendées par les scientifiques et les décideurs politiques comme deux approches pour faire face au même problème, complémentaires d'un

point de vue théorique mais distinctes opérationnellement. L'enjeu est donc double : d'une part, il s'agit d'atténuer l'impact humain sur le climat ; et d'autre part, il faut s'adapter aux nouvelles conditions provoquées par le changement climatique (Thomas et Da Cunha, 2017).

En d'autres termes, les mesures d'atténuation défont les causes du changement climatique via diverses politiques sectorielles et génériques. Ces mesures sont implémentées à une échelle internationale et visent principalement à réduire les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère. L'objectif des mesures d'atténuation est de limiter l'impact anthropique sur le climat à une échelle planétaire (Thomas et Da Cunha, 2017).

Les mesures d'adaptation, quant à elles, font référence à la notion d'adaptation issue de la biologie, c'est-à-dire à la capacité des organismes à s'adapter aux conditions changeantes de leur environnement. Les mesures d'adaptation aux changements climatiques sont davantage locales et contextualisées que les mesures d'atténuation ; leur but est de réduire la vulnérabilité d'un territoire spécifique en fonction des risques auxquels il doit faire face. Ensemble, ces mesures d'adaptation prodiguent aux écosystèmes urbains une capacité à se réorganiser en fonction de nouvelles conditions (Thomas et Da Cunha, 2017).

Depuis le Sommet de la Terre à Rio en 1992, diverses recommandations de plans de réduction d'émissions de gaz à effet de serre ont été générées par des organisations mondiales dans le but de sensibiliser et d'inciter les pays et les villes à mettre en place des politiques climatiques d'atténuation (Thomas et Da Cunha, 2017). Sur la base de ces recommandations et dans l'idée d'atteindre une résilience des systèmes urbains, des mesures d'adaptation ont été énoncées afin de traduire spatialement les objectifs des mesures d'atténuation (Lizarralde et al., 2017). Ces mesures d'adaptation visent à réduire la vulnérabilité des territoires liée aux conséquences directes du changement climatique. Cette approche permet d'anticiper les modifications climatiques ainsi que leurs effets, et de s'y ajuster en améliorant les capacités de réponse des sociétés et de l'environnement. Par conséquent, la mutualisation des mesures d'atténuation et des mesures d'adaptation est inéluctable dans une perspective de renforcement de la résilience urbaine.

2.3. La politique climatique suisse

En Suisse, la politique climatique repose également sur les deux stratégies que sont l'atténuation et l'adaptation. Les principales bases légales abordant les changements climatiques sont la loi fédérale sur la réduction des émissions de CO₂ et l'ordonnance sur le CO₂ – qui s'apparentent toutes les deux à des mesures d'atténuation. Les outils de la Confédération en termes d'adaptation aux changements climatiques sont majoritairement de

nature informative et incitative, le but étant de stimuler des actions territorialisées à toutes les échelles. Toutefois, ces documents représentent davantage des principes généraux que des mesures contraignantes, sachant qu'il n'existe pour l'instant pas de loi spécifique sur les risques climatiques. Ces principes généraux d'adaptation appellent donc à la responsabilité des cantons et des villes afin de mettre en œuvre des mesures opérationnelles. Ce constat rejoint le propos d'Emelianoff (2007) qui soutient que les cadres réglementaires et politiques sont souvent inadaptés aux problématiques urbaines et environnementales actuelles. Bertrand et Richard (2015) énoncent également que les stratégies d'atténuation sont relativement présentes dans les politiques énergétiques locales, néanmoins c'est rarement le cas pour les mesures d'adaptation. De plus, selon les intervenants de la Conférence centrale de la Fédération suisse des urbanistes (FSU)¹, acteurs dans le domaine de l'aménagement du territoire ou de la question climatique, l'adaptation aux changements climatiques n'est actuellement pas suffisamment formalisée dans les politiques suisses.

Néanmoins, bien qu'il n'existe pas encore de loi couvrant la question de l'adaptation aux changements climatiques, la Suisse a mis en place des projets traitant ce sujet. Plusieurs documents cadres abordent et définissent le concept d'adaptation. En 2012, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) édite le premier volet de la stratégie du Conseil fédéral concernant l'adaptation aux changements climatiques. Ce document présente les enjeux climatiques auxquels la Suisse va être confrontée et décrit les différents objectifs et principes qui devront être suivis. En 2014, le Conseil fédéral approuve le second volet de la stratégie d'adaptation aux changements climatiques, qui contient un plan d'action pour 2014-2019 énumérant les mesures à entreprendre par les divers offices fédéraux afin d'atteindre les objectifs d'adaptation de la stratégie. En 2015, l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), publie le guide « Adaptation aux changements climatiques » (OFEV, 2015) qui présente les documents-clés de référence sur les changements climatiques ainsi que des exemples de mesures. Ce guide promeut également la coordination et collaboration entre les cantons et la Confédération.

Parallèlement, la Confédération lance le programme pilote « Adaptation aux changements climatiques » avec l'objectif de soutenir techniquement et financièrement des projets novateurs mis en place par les cantons ou les communes et qui illustrent de bonnes pratiques pour s'adapter concrètement au changement climatique. En 2018 est publié le rapport « Quand la ville surchauffe » conçu par l'OFEV et l'Office fédéral du développement territorial (ARE). Ce document traite du changement climatique du point de vue de la

¹ Conférence du 22 novembre 2019 à Lucerne.

planification urbaine et est entièrement consacré - comme son nom l'indique – au problème de la chaleur en ville. Il présente les bases d'un développement urbain adapté au changement climatique et des exemples de solutions suisses et étrangères visant à atténuer les effets des îlots de chaleur urbains.

2.4. La politique climatique neuchâteloise

Depuis le 24 septembre 2000, le principe d'un développement durable est inscrit dans la Constitution de la République et du Canton de Neuchâtel et stipule que : « (...) *l'État et les communes privilégient les intérêts des générations futures. Ils prêtent une attention particulière aux exigences du développement durable et au maintien de la biodiversité* » (art.5, al.2, Cst.NE). Adoptée en 2006, la loi sur l'action publique en vue d'un développement durable (loi Agenda 21) précise ensuite les principes poursuivis par l'État de Neuchâtel dans sa démarche de développement durable (République et Canton de Neuchâtel, 2021c). Cette loi prévoit notamment une coordination des différents projets et actions visant à encourager le développement durable.

En juin 2008, le Conseil d'État neuchâtelois a validé une proposition de démarche concernant la mise en œuvre de la loi Agenda 21 qui a permis la réalisation de plusieurs mesures et actions concrètes en vue d'un développement durable. Les mesures réalisées concernant l'aménagement du territoire consistaient à inscrire le principe d'« *une politique d'urbanisation, un développement économique ainsi qu'un approvisionnement tous axés sur la durabilité* » dans le plan directeur cantonal (PDC), à la mise en place de l'Observatoire du territoire avec le mandat de présenter des résultats de ses études dans le cadre du Rapport quadriennal sur l'Aménagement du Territoire et à la valorisation des pôles de développement dans le respect des principes du développement durable (République et Canton de Neuchâtel, 2021b).

Le thème du climat est contenu dans plusieurs fiches de coordination du plan directeur cantonal, adopté par le Conseil Exécutif en 2018. Les fiches de coordination portant sur le climat peuvent être séparées en deux catégories : les fiches ayant des objectifs d'atténuation des changements climatiques avec, entre autres, la diminution des rejets de gaz à effet de serre, et les fiches avec des objectifs d'adaptation aux conséquences déjà perceptibles des changements climatiques.

Les objectifs d'atténuation et d'adaptation se retrouvent dans les fiches suivantes du plan directeur cantonal regroupées dans le tableau 1 ci-dessous :

Objectifs d'atténuation	Objectifs d'adaptation
<i>Localiser judicieusement les activités économiques et valoriser les pôles de développement (E_11)</i>	<i>Assurer une place pour la nature en ville (U_23)</i>
<i>Développer les énergies renouvelables et viser l'autonomie énergétique (E_21)</i>	<i>Promouvoir la mobilité douce (A_27)</i>
<i>Valoriser le potentiel de l'énergie hydraulique (E_25)</i>	<i>Modérer le trafic dans les zones urbanisées (U_26)</i>
<i>Protéger l'air (U_25)</i>	<i>Promouvoir et renforcer la biodiversité et développer les réseaux écologiques (S_34)</i>
	<i>Réserver l'espace nécessaire aux eaux et revitaliser les cours d'eau et étendues d'eau (S_36)</i>
	<i>Accompagner le changement climatique (E_43)</i>

Tableau 1: Objectifs d'atténuation et d'adaptation du plan directeur cantonal neuchâtelois.

Ces fiches contiennent ainsi des objectifs principalement d'identification des impacts des changements climatiques, de promotion de la nature et des réseaux écologiques également en milieu urbain ainsi que la modération du trafic motorisé. Les fiches déclinent les objectifs et les principes d'aménagement et de coordination valables pour toutes les autorités. Elles définissent les compétences des communes et du canton concernant la mise en œuvre. Notamment, la fiche E_43, qui définit le but d'identifier les impacts du changement climatique pour les politiques publiques à incidence spatiale, décrit que « *toute mesure favorable au climat est à privilégier dans la planification communale* ». La mise en œuvre des mesures reste donc de la responsabilité des communes et c'est à travers des fiches de coordination que les plans d'aménagement des communes seront évalués. Les fiches servent de référence pour mesurer, a posteriori, l'efficacité des actions entreprises. Néanmoins, les fiches de coordination du plan directeur cantonal neuchâtelois restent en premier lieu des principes généraux et des recommandations non contraignantes de la part du canton. Ces fiches définissent tout de même les compétences des communes dans la mise en œuvre des mesures d'adaptation aux effets des changements climatiques. Ainsi, tel que prévu dans le plan directeur cantonal, les communes concernées par les questions d'îlots de chaleur urbains sont invitées à prévoir les mesures nécessaires dans leurs planifications directrices et plans d'affectation, notamment lors de la révision de leurs plans d'aménagement local (PAL) (République et Canton de Neuchâtel, 2021a).

De ce fait, nous constatons que le thème du climat est bien présent dans la politique cantonale neuchâteloise, mais la mise en œuvre des mesures d'adaptation reste de la responsabilité des communes via la révision de leurs plans d'affectation. Ces mesures, si elles sont mises en œuvre, contribueraient à diminuer le phénomène d'îlot de chaleur urbain sur le territoire neuchâtelois.

Le canton de Neuchâtel a également élaboré un plan climat cantonal mis en consultation auprès des communes par le Conseil d'Etat en 2020. Ce rapport établit l'état de la situation des émissions de gaz à effet de serre (GES), fixe les objectifs du canton à l'horizon 2050, décrit les 80 mesures en cours de déploiement et propose 50 nouvelles mesures de réduction des GES et d'adaptation aux changements climatiques. À l'instar de la Confédération, l'atteinte de « zéro émission nette », ainsi que le maintien d'une bonne qualité de vie malgré les effets du changement climatique, sont les objectifs supérieurs de la vision cantonale sur le climat selon les autorités cantonales (République et Canton de Neuchâtel, communiqué de presse du 18 février 2021). Ce plan climat constitue un instrument de planification permettant de coordonner les politiques sectorielles cantonales en matière de protection du climat. Pour le Conseil d'État, ce document constitue la première étape d'une transformation politique qui se déroulera sur plusieurs décennies. Il formalise et donne les impulsions nécessaires afin de transformer le canton dans une dynamique de développement durable.

Au-delà de ses objectifs à 2050, le plan climat neuchâtelois doit se matérialiser par des actions concrètes. Ainsi, en plus des 80 mesures déjà validées et en déploiement (dont, entre autres, le développement du RER neuchâtelois, la promotion des bornes de recharge électrique, l'obligation d'assainissement du parc de bâtiments d'ici à 2050, la concrétisation du plan de mobilité douce, l'augmentation de la production des énergies renouvelables), le Conseil d'État propose un paquet de 50 nouvelles mesures à mettre en œuvre sur les cinq prochaines années. Une de ces mesures concerne précisément la localisation et la lutte contre les îlots de chaleur. Cette mesure préconise l'identification des îlots de chaleur dans le cadre d'une analyse climatique du territoire cantonal et l'identification des mesures pouvant concrètement être prises par les communes. Les communes concernées sont alors invitées à prévoir les mesures nécessaires dans leurs planifications directrices et d'affectation, notamment lors de la révision du PAL.

Le plan directeur communal (PDCom) et le PAL de Neuchâtel sont actuellement en révision. Suite à l'adoption des modifications de la Loi sur l'aménagement du territoire (LAT), la Confédération, les cantons et les communes ont entamé une vaste révision de leurs outils de planification territoriale. Le plan directeur communal neuchâtelois actuellement en vigueur a

été élaboré en 1994. Le contexte territorial et sociétal a fortement changé en trente ans et certaines thématiques, comme le changement climatique, le déclin massif de la biodiversité et l'intégration de la nature dans l'environnement bâti, étaient peu traitées à l'époque mais sont devenus indispensables aujourd'hui. La ville de Neuchâtel s'est défini comme objectif de réviser ses outils de planification territoriale à l'horizon 2023 (Ville de Neuchâtel, 9 mars 2020). Selon le rapport d'information du Conseil communal du 9 mars 2020, « *Cette révision représente aujourd'hui une véritable opportunité de dessiner l'espace de la capitale cantonale en intégrant les défis majeurs auxquels les collectivités publiques sont confrontées, en particulier ceux des changements climatiques et de la préservation de la biodiversité.* » (Ville de Neuchâtel, 9 mars 2020, p.1). Le Conseil communal affirme sa volonté de « *faire reposer la révision du plan directeur et du plan d'aménagement de la commune sur une véritable vision d'aménagement* » (Ville de Neuchâtel, 9 mars 2020, p. 2). Cette vision d'aménagement baptisée « Neuchâtel 2050 » comporte quatre principes fondateurs : *valoriser, adapter, dynamiser, connecter*. (Figure 3).

La vision se décline ensuite en trois volets : 1) Réseaux, corridors et maillage, 2) Habitat, économie et cadre de vie, 3) Transition écologique et ville durable. Ces volets évoquent les grands schémas du développement du territoire de Neuchâtel mais ne contiennent pas encore d'actions stratégiques.

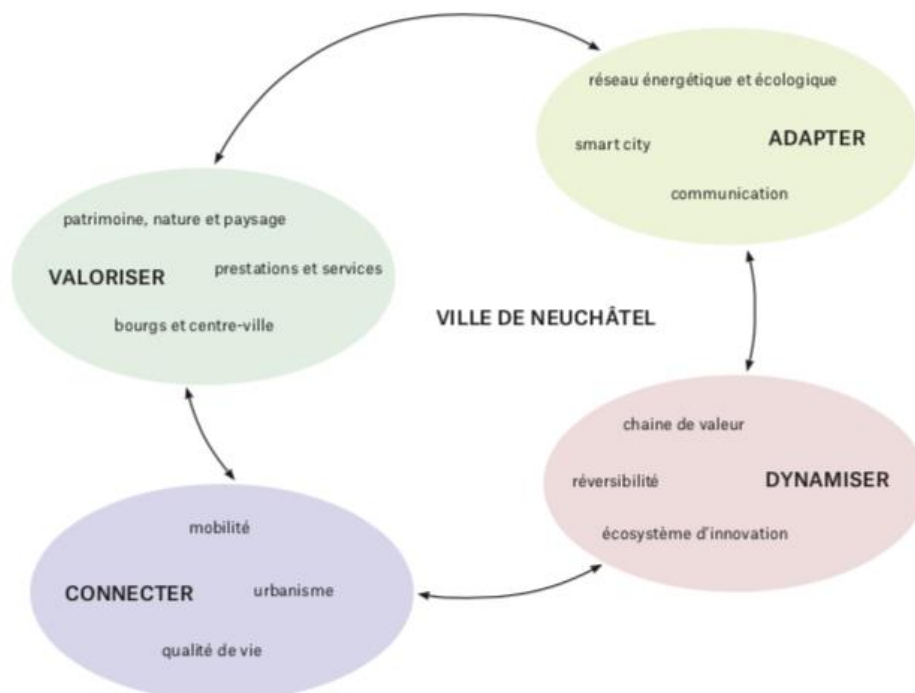


Figure 3: Schéma des 4 principes fondateurs (Ville de Neuchâtel, 9 mars 2020).

En outre, la ville de Neuchâtel s'est dotée de deux plans d'action baptisés « Nature en ville ». Ces deux plans ont été développés et mis en œuvre entre 1999 et 2014. Ils ont permis la réalisation d'une palette de mesures en vue de la conservation et de la valorisation d'espaces verts en milieu urbain, en favorisant les milieux naturels pour les espèces menacées. Il s'agissait entre autres de mesures visant à limiter les îlots de chaleur en milieu urbain. Les deux premiers volets d'actions comportaient une soixantaine de mesures de promotion de la nature en ville sur l'ensemble du territoire communal. Le programme en est actuellement à son troisième volet depuis 2017. Ce dernier volet quant à lui a comme objectif de renforcer et pérenniser ce programme de « Nature en ville ». Ceci dans le but de répondre aux enjeux climatiques de demain en le formalisant comme politique publique à part entière (Ville de Neuchâtel, rapport Nature en ville du 24 avril 2017).

La ville de Neuchâtel a en outre publié des guides pour architectes et urbanistes sur les thématiques de la végétalisation des façades et des revêtements perméables. Toutefois, ces guides ne contiennent, outre les conseils techniques, que très peu d'indications sur la manière de réaliser concrètement ces aménagements des bâtiments.

3. Etat de l'art

L'état de l'art qui suit a l'intention d'identifier les enjeux principaux liés à la question de l'adaptation aux changements climatiques dans la fabrique urbaine. Une compréhension détaillée du phénomène d'îlot de chaleur urbain, ses causes et ses répercussions permet entre autres de saisir l'importance de la nature en ville. Les stratégies d'adaptation et d'atténuation, ainsi que le besoin de résilience urbaine suggèrent des pistes d'actions pour y répondre. Le projet urbain, intrinsèquement lié à l'idée de réversibilité, représente un instrument permettant une analyse et une conception contextualisées et multidisciplinaires du territoire. En y associant les théories issues des champs de l'écologie urbaine, le projet urbain se démarque comme vecteur d'adaptation au changement climatique. Il est alors question de penser à l'implantation de formes végétales au travers d'infrastructures vertes et de les intégrer dans le projet urbain dans le but de faire face aux changements climatiques ainsi qu'au phénomène d'îlot de chaleur urbain.

3.1. Les îlots de chaleur urbains

Si les villes ont un climat aussi différent que les régions non-urbanisées, c'est à cause de la différence entre leur morphologie et de leur métabolisme. Une zone est dite « urbaine » lorsqu'elle est caractérisée par une forte densité de population et d'importantes surfaces imperméables (Wu, 2014). Il est aujourd'hui possible de parler de microclimats urbains à l'échelle des quartiers (Masson, 2010). Forman (2014) identifie plusieurs types de structures urbaines, bâties et naturelles, ayant chacune une façon d'influencer le climat à son échelle (Tableau 2). Ces endroits peuvent modifier le gradient de température : les parcs ou points d'eau auront tendance à diminuer la température localement, alors que les activités industrielles ou centres commerciaux généreront des zones plus chaudes (Oke, 1982). La composition hétérogène des villes implique un climat urbain complexe.

Types de structures urbaines (bâties et naturelles) influençant le climat urbain

Blocs de maisons



Figure 4: Cité Carl-Vogt, Genève (IAUG, 2006).

Canyon urbain, rue, route



Figure 5: Rue des Usines, Serrières, Neuchâtel
(www.cbmm.ch)

(Section de) rivage, lac, estuaire, bord de
rivière



Figure 6: Le port de Neuchâtel
(thevalmen.com/beaulac/).

Cour/patio, placette, espaces verts ouverts



Figure 7: Avenue du Bietschhorn, Sion (OFEV, 2018).

Parking, toit, mur



Figure 8: Avenue Ernest Pictet, Genève
(www.skyflor.ch).

Tableau 2: Types de structures urbaines influençant le climat urbain (Erellet al., 2011 dans Forman, 2014).

3.1.1. Définition

En 1833, Howard est le premier à introduire le concept d'îlot de chaleur urbain en démontrant que la température de l'air est généralement plus haute en ville que dans les zones rurales périphériques (Oke, 1982 ; Stewart, 2011). Depuis, beaucoup d'études à ce sujet ont documenté le phénomène d'îlot de chaleur urbain, notamment dans les villes d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Asie (Deilami et al., 2018 ; Oke, 1982 ; Zhou et al., 2019 ; Rizwan et al., 2008).

On parle d'un effet d'îlot de chaleur urbain lorsqu'un espace urbain est sujet à des températures plus élevées que les zones rurales alentours (Gaston et al., 2010). L'effet d'îlot de chaleur urbain décrit des températures d'air et de surface diurnes significativement plus élevées en ville que dans les zones rurales alentours, et se rafraîchissant difficilement pendant la nuit (Anquez et Herlem, 2011). Cette anomalie thermique peut générer des différences de température allant jusqu'à plus de 10°C entre une ville et la région rurale adjacente (Oke, 1982). Dans certaines villes suisses, l'ampleur de l'augmentation des températures dans des îlots de chaleur urbains en été peut atteindre 5 à 7°C (Fallot et Rebetez, 2008).

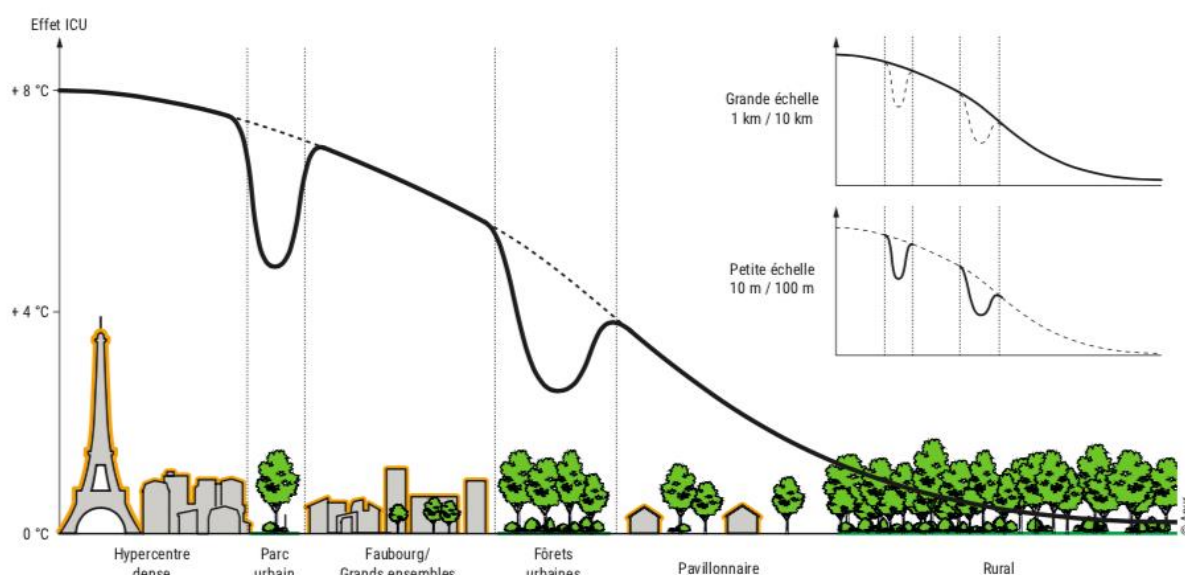


Figure 9: Illustration d'une courbe de température (APUR, 2020).

Selon des recherches récentes traitant de ce phénomène, il existe deux catégories d'îlots de chaleur urbains en fonction des mesures de la température : Les îlots de chaleur urbains atmosphériques, prenant en compte la température de la couche d'air, et les îlots de chaleur urbains de surface, mesurés à partir de la température de la surface terrestre (Deilami et al., 2018). En général, l'intensité des îlots de chaleur urbains atmosphériques, soit la différence

entre la température rurale et la température urbaine la plus élevée, est maximale environ 3 à 5 heures après le coucher du soleil, lors des nuits estivales, lorsque le ciel est dégagé et que les vents sont faibles (Anquez et Herlem, 2011 ; Oke, 1982 ; Zhou et al., 2019). En ce qui concerne les îlots de chaleur urbains de surface, leur intensité est maximale pendant la journée (Zhou et al., 2019).

Les zones urbaines, où le taux de refroidissement est moins important, voient leur température rester significativement supérieures aux zones rurales alentour. Le bâti et les routes, représentant la majorité des surfaces urbaines, possèdent de faibles albédos² et une importante capacité thermique ainsi qu'une haute conductivité thermique. Il en résulte donc une forte absorption et une importante accumulation de chaleur issue de la radiation solaire pendant la journée. Cette chaleur est ensuite à nouveau émise, particulièrement durant la nuit, ce qui empêche les températures des zones urbaines de baisser de la même façon que dans les zones rurales alentour (Gaston et al., 2010).

3.1.2. Facteurs influençant les îlots de chaleur urbains

Tel qu'expliqué dans le chapitre précédent, les facteurs principaux influençant les îlots de chaleur urbains sont relatifs à la chaleur issue du rayonnement solaire, et sont des facteurs considérés comme « incontrôlables ». Les paramètres climatiques et physiques tels que la radiation, les flux de chaleur, d'humidité et d'air sont fondamentaux pour expliquer la formation d'îlots de chaleur urbains. Les processus d'évapotranspiration et de stockage de chaleur sont directement liés aux questions d'occupation du sol et de forme urbaine (Masson, 2010), éléments qui peuvent être contrôlables et adaptables. Toutefois, d'autres facteurs – incontrôlables et contrôlables – entrent également en compte lorsque les îlots de chaleur urbains sont abordés.

Tout d'abord, les facteurs considérés comme incontrôlables sont influencés à une échelle globale par la latitude, le climat et les saisons. Ces éléments ont des impacts directs sur la météorologie, la couverture du sol et sur l'activité métabolique des végétaux (Deilami et al., 2018 ; Fallot et Rebetez, 2008). Les îlots de chaleur urbains avec des températures les plus élevées ont été relevés en été. Ceci est expliqué par le fait qu'à cette saison il y a le plus souvent de situations anticycloniques et que l'angle de rayonnement solaire est optimal (Oke, 1982 ; Rizwan et al., 2008 ; Zhou et al., 2019).

² Albédo : Fraction de l'énergie de rayonnement incidente qui est réfléchi ou diffusée par un corps, une surface ou un milieu. (Définition issue du Larousse.fr, 2021)

La situation géographique à l'échelle locale se révèle également être un facteur agissant indirectement sur les îlots de chaleur urbains puisqu'elle impacte le climat local de par la topographie, la nature du sol ou encore la présence de points d'eau (Oke, 1982). Les autres éléments météorologiques et climatiques, dépendant en grande partie des saisons et de la situation géographique citées précédemment, entrent également en compte. La vitesse du vent et la couverture nuageuse sont négativement corrélées avec les îlots de chaleur urbains; le vent créant des transferts de chaleur et les nuages limitant le rayonnement solaire (Fallot et Rebetez, 2008 ; Oke, 1982 ; Rizwan et al., 2008).

Ensuite, les facteurs dits contrôlables sont intrinsèquement liés à la morphologie urbaine, à l'occupation du sol, aux matériaux, ainsi qu'aux activités anthropiques (Zhou et al., 2019). L'écosystème urbain est fortement minéralisé et cela agit à deux niveaux. Premièrement, l'imperméabilité du sol agit sur la chaleur (Oke, 1982). En effet, l'addition d'un sol urbain majoritairement imperméable et d'une perte du couvert végétal en ville a pour conséquences d'une part de générer le ruissellement des eaux de précipitations et, d'autre part, de limiter le phénomène d'évapotranspiration qui a la capacité de rafraîchir l'air en utilisant la chaleur latente pour évaporer l'eau (Dahech et al., 2005 ; Fallot et Rebetez, 2008). Deuxièmement, les propriétés thermiques des matériaux urbains agissent fortement sur la température. Cela est fortement lié à leur faible albédo et mène à une grande absorption du rayonnement solaire. Les structures urbaines stockent donc cette énergie sous forme de chaleur et la restituent par la suite (Dahech et al., 2005). Il existe ainsi une corrélation positive entre les surfaces imperméables et les îlots de chaleur urbains (Deilami et al., 2018). De plus, la morphologie urbaine, l'orientation des rues, la densité et la géométrie du bâti génèrent une rugosité urbaine qui influence la vitesse et la direction des vents, ainsi que la réflexion du rayonnement solaire (Dahech et al., 2005).

Finalement, les activités humaines ont également un fort impact sur les îlots de chaleur urbains. Tout d'abord par les pertes de chaleur issues des bâtiments, que ce soit en hiver à cause de l'utilisation de chauffage, ou en été à cause de l'air conditionné. En effet, ces dispositifs consomment beaucoup d'énergie et rejettent de la chaleur qui contribue au réchauffement ambiant. Ce processus-là engendre vraisemblablement un cercle vicieux. Ensuite, les activités industrielles ou encore le trafic urbain se ressentent fortement sur l'environnement extérieur (Dahech et al., 2005). Les émissions de polluants et d'aérosols générées par les activités anthropiques favorisent une absorption du rayonnement solaire et une réémission du rayonnement de longues ondes, ce qui empêche le refroidissement de surface. Ce phénomène est appelé « pseudo-greenhouse effect » (Rizwan et al., 2008).

3.1.3. Impacts et enjeux

Les îlots de chaleur ont divers effets sur les écosystèmes urbains et leurs paramètres climatiques. Ces altérations génèrent des difficultés en termes de qualité de l'air, de stress thermique, de gestion des fortes précipitations, de consommation d'énergie et d'inégalité sociale et écologique.

Pour ce qui est de la ventilation, les îlots de chaleur urbains génèrent des ascendances d'air formant des « dômes urbains » au-dessus des villes qui piègent les polluants (Fallot et Rebetez, 2008). Ces ascendances créées par les îlots de chaleur urbains engendrent ainsi des noyaux de condensation formés de particules et de polluants. Ce phénomène provoque une augmentation des précipitations de 5 à 10% (Fallot et Rebetez, 2008 ; Forman, 2014). Par conséquent, ceci soulève la question de la gestion des fortes pluies et des risques d'inondations dans les milieux urbains, majoritairement imperméables. De plus, au vu de la température supérieure qu'ils impliquent, les îlots de chaleur urbains provoquent des stress thermiques, augmentant ainsi la vulnérabilité des individus de même que le taux de mortalité (Anquez et Herlem, 2011). Les îlots de chaleur urbains impactent donc la santé des populations urbaines en détériorant la qualité de l'air et en engendrant des stress thermiques. Pour exemple, environ 30'000 décès ont été causés par la canicule qui a frappé l'Europe en 2003. Ce sont surtout les personnes âgées et solitaires qui représentent le groupe de population à risque (Quenault, 2013).

Néanmoins, il faut également relever que le phénomène d'îlot de chaleur urbain peut être perçu positivement selon le climat de la ville en question. En effet, Stewart et Oke (2012) soulignent dans leur étude que pour les villes évoluant dans un climat froid, les îlots de chaleur urbains peuvent, d'une part, améliorer le confort thermique extérieur et intérieur, et ainsi diminuer les besoins en chauffage ou les dangers liés aux routes gelées, et, d'autre part, offrir de meilleures conditions d'habitat pour la faune et la flore locale.

En conclusion, on peut constater que les enjeux liés aux îlots de chaleur urbains sont nombreux et qu'il est important que tous soient pris en compte dans l'élaboration de projets urbains. Identifier les endroits soumis à des îlots de chaleur peut permettre de remédier à des problématiques environnementales, sociales et économiques, et de contribuer à améliorer la qualité de vie en ville, tout en rendant ce milieu résilient face aux aléas imposés par les changements climatiques. La végétation, de par les multiples formes qu'elle peut prendre, joue plusieurs rôles importants à l'échelle de la ville et agit sur plusieurs facteurs physiques et urbanistiques (Musy, 2012). Ceci révèle l'importance de la nature en ville.

3.2. La nature en ville

Kowarik (2013) définit quatre grands types de nature : originelle, rurale, urbaine et urbano-industrielle. Les deux derniers types englobent alors l'ensemble de la nature que l'on retrouve en ville. La nature « urbaine » représente les espaces verts, fabriqués par l'humain, tel que les parcs et jardins urbains. C'est cette catégorie de nature, même si elle peut référer à une nature « contrôlée », qui se rapproche le plus des solutions basées sur la nature et des mesures qui en découlent.

3.2.1. Evolution de la définition

L'idée que les propriétés de la nature puissent répondre à une problématique environnementale n'est pas nouvelle. En effet, dès le 19^{ème} siècle, des auteurs comme Olmstead (1873) ou Howard (1902) ont préconisé la réintroduction de la nature en ville pour améliorer les conditions de vie des habitants. Suite à la révolution industrielle à partir du milieu du 19^{ème} siècle, les villes connaissent une croissance rapide jusqu'à devenir des lieux bâtis extrêmement denses, insalubres et pollués. Face à ces critiques, des théories et projets apparaissent avec l'idée d'introduire de la nature en ville. Selon ces théories, la nature joue un rôle central dans l'amélioration des conditions de vie dans la ville (Emelianoff, 2000). Actuellement, bien que le réchauffement climatique et le phénomène d'îlot de chaleur urbain constituent un problème spécifique, des solutions basées sur la nature et ses propriétés régénératives peuvent être prises en considération.

Une attention particulière est donc portée sur la nature dans la fabrique de la ville durable et résiliente. À ce sujet, il ressort que « *le végétal, sous toutes ces formes, devient aujourd'hui une composante essentielle des projets urbains conçus dans une perspective durabiliste* » (Da Cunha, 2009, p. 17). La nature n'est donc plus considérée aujourd'hui comme ne pouvant prospérer loin des villes. Une relation antagonique a en effet persisté longtemps selon la vision traditionnelle que la nature est extérieure à la ville (Salomon Cavin, 2005). Nous constatons donc que la relation nature-ville a fortement évolué au cours des décennies et la nature fait son grand retour dans les villes en tant que climatiseur et élévateur de qualité de vie. La nature urbaine, comprenant la végétation, l'eau, le sol, la biodiversité ou l'air, fait aujourd'hui partie intégrante de l'écosystème qu'est la ville.

3.2.2. Le rôle écologique et environnemental de la nature en ville

Dans cette conception de la nature comme outil d'adaptation aux effets des changements climatiques, la végétation urbaine joue un rôle central. En effet, la végétation revêt plusieurs

fonctions dans l'écosystème qu'est la ville. Les services écosystémiques de la végétation sont ordonnés en différentes catégories (Blanc, 2010 ; Gaston et al., 2010) :

- Services de support : photosynthèse, formation des sols, cycle de l'eau, production primaire, vecteur d'activités économiques, lien social, ... ;
- Services de régulation : purification de l'air, purification de l'eau, régulation du climat, régulation des dangers naturels, ... ;
- Services d'approvisionnement : nourriture, matériaux, eau, ... ;
- Services culturels : diversité culturelle, valeurs religieuses et spirituelles, valeurs éducationnelles, relations sociales, valeurs esthétiques, espaces récréatifs, ...

Grâce à ces différents types de services, la végétation peut répondre à divers enjeux, qu'ils soient écologiques et environnementaux, sociaux et culturels, économiques ou urbanistiques. Nous nous concentrerons ici principalement sur les services répondant aux enjeux écologiques et environnementaux.

Les végétaux sont actifs à différents niveaux. Ils agissent d'abord sur l'air en captant divers polluants et gaz. La végétation est ainsi un moyen de stocker le dioxyde de carbone. De plus, les végétaux permettent d'agir sur le rayonnement solaire grâce à l'ombre qu'ils fournissent ainsi que sur la chaleur. En outre, si elle est variée et indigène, la végétation favorise le maintien de la biodiversité dans son ensemble (Bouzou et Marques, 2016 ; Musy, 2012).

Les végétaux et notamment les arbres limitent l'érosion des sols grâce à leur système racinaire. Les racines permettent le drainage et l'absorption des eaux de pluie. Ils agissent sur la dépollution des eaux grâce à la phytoépuration (Bouzou et Marques, 2016). Ce rôle des arbres est donc primordial dans les milieux urbains souvent trop imperméabilisés en raison de la bétonisation des sols. Augmenter la perméabilité des sols en intégrant davantage de végétation dans les milieux bâtis consiste alors une des mesures centrales d'adaptation aux changements climatiques avec le but que les sols puissent absorber les eaux et rejeter de la fraîcheur dans l'air. L'amélioration de la qualité du sol et du sous-sol passe aussi par la non-artificialisation de ce dernier. Dans ce contexte, les études mentionnent de plus en plus la notion de pleine terre. Les éléments de définition de la pleine terre qui y ressortent le plus souvent sont la capacité d'infiltration des sols, ainsi que l'absence de construction en surface et en sous-sol (Institut Paris Région, 2021). Les structures urbaines souterraines peuvent nuire à la croissance et à la vie des espèces végétales en ne laissant pas assez de place aux réseaux racinaires à cause d'un manque de

pleine terre ou d'une trop forte densité de réseaux souterrains (canalisations, microfibres, etc.) (Musy, 2012).

3.3. L'écologie urbaine

Ce sous-chapitre retrace l'histoire de l'écologie urbaine – ou des écologies urbaines – afin de présenter un angle de vue supplémentaire sur la façon d'aborder les enjeux d'une planification urbaine durable. En effet, l'écologie a inspiré à plusieurs reprises les questions urbaines afin de comprendre la complexité des systèmes urbains et d'apporter des réponses (Da Cunha, 2015). Ceci a donné lieu à l'écologie urbaine qui, de manière très générale, traite de l'interaction entre la société et la biosphère (Barles, 2010). Ce domaine a subi énormément de modifications et n'a cessé d'évoluer pour donner naissance, progressivement, à des écologies urbaines plurielles couplant une multitude de disciplines (traitées ci-après) et constituant un large champ d'analyse (Barles, 2010).

3.3.1. Le projet urbain écologique

L'écologie urbaine prend sa source dans le contexte de la ville industrielle du 19^{ème} siècle. L'exode rural des travailleurs venant s'installer en masse en ville a généré des conditions de vie exigües et insalubres. Ont émergé alors les questions relatives à la santé publique et aux bienfaits de la nature pour pallier les maux urbains. Les auteurs tels que Olmsted (1822-1903), architecte-paysagiste et concepteur de Central Park à New York ; Howard (1850-1928), urbaniste initiateur des cités-jardins; et Geddes (1854-1932), biologiste et sociologue intéressé à la relation ville-nature, nous livrent tous une réflexion sur le rôle de la nature dans l'amélioration de la qualité de vie urbaine (Emelianoff, 2000). Emelianoff (2000) appelle cette volonté d'intégrer la nature à la conception de la ville, le **projet urbain écologique**.

3.3.2. L'écologie scientifique

Dans la deuxième moitié du 19^{ème} siècle, le terme « écologie » trouve son sens moderne dans l'**écologie scientifique**, qui désigne la science étudiant les interactions entre les organismes vivants et leur environnement (Gandy, 2015). Dans les années 1920, cette notion d'écologie est utilisée par un groupe de sociologues de l'Université de Chicago à des fins de compréhension générale du fonctionnement des villes (Gandy, 2015 ; Wu, 2014). L'écologie urbaine sociologique développée par ces sociologues marque le courant de l'École de Chicago qui en extrait des notions et des lois des sciences de la vie pour expliciter les flux de personnes dans le milieu naturel de l'humain qu'est la ville. L'intérêt de cette discipline est axé sur des processus humains tels que la migration, la compétition, la ségrégation, la succession, etc. (Da Cunha, 2015 ; Emelianoff, 2000). Ce courant analyse

l'environnement urbain comme un produit des interactions sociales, sans toutefois prendre en considération l'interface avec le milieu écologique.

3.3.3. L'écologie dans la ville

L'**écologie dans la ville** (ecology in cities) prend place dès la fin des années 1940 (Wu, 2014). Avant cette approche, les biologistes et écologistes s'intéressaient peu à l'écosystème majoritairement minéral qu'est la ville car ils considéraient qu'il y avait peu d'espèces végétales et animales. Cependant, certains botanistes et zoologistes avaient commencé à étudier la flore et la faune rudérales de la ville et ses friches (Gandy, 2015 ; Wu, 2014). L'idée générale reste toutefois que les villes ne constituent pas des sujets d'étude pertinents pour les scientifiques de la nature (Wu, 2014).

3.3.4. L'écologie de la ville

La vision écologique urbaine qui émerge dans les années 1960 est l'**écologie de la ville** (ecology of cities) qui considère la ville comment étant un écosystème dans sa globalité (Barles, 2010). Le métabolisme urbain est au centre de cette vision et est étudié au travers d'analyses des flux et des stocks de matière et d'énergie (Emelianoff, 2000 ; Wu, 2014). Ce sont notamment les travaux d'Odum (1953), de Wolman (1965) et de Duvigneaud (1974) qui façonnent cette nouvelle approche. En effet, Odum est le premier à considérer la ville comme un écosystème particulier en comparant l'écosystème de la ville à celui d'un lac, expliquant les flux entrants et sortants ainsi que la circulation de l'énergie dans les systèmes écologiques. Si l'École de Chicago ne se préoccupe pas des paramètres liés au milieu écologique et se concentre uniquement sur les dimensions socio-culturelles, le courant d'écologie de la ville, de son côté, réduit la ville strictement à des facteurs physiques et biophysiques (Emelianoff, 2000).

3.3.5. L'écologie pour la ville

Un autre paradigme, l'**écologie pour la ville**, est apparu en raison de la préoccupation pour la durabilité urbaine (Pickett et al., 2015). Si l'écologie pour la ville comprend les connaissances générées par l'écologie dans la ville et l'écologie de la ville, elle considère les chercheurs comme faisant partie du système et reconnaît qu'ils peuvent aider à envisager et à faire progresser les objectifs sociaux de la durabilité urbaine. L'écologie pour la ville encourage donc les chercheurs à s'engager avec d'autres spécialistes et les habitants des villes pour façonner un avenir urbain plus durable (Pickett et al., 2015).

3.3.6. Une nouvelle écologie urbaine

Ainsi, nous avons vu que des auteurs ont proposé de voir l'évolution de l'écologie urbaine en trois phases non exclusives (Pickett et al. 2015) : l'écologie dans la ville, qui reprend méthodes et outils utilisés à l'extérieur de la ville pour des études dans celle-ci ; l'écologie de la ville, qui élabore des concepts spécifiques à ce milieu ; et l'écologie pour la ville, qui prend en compte sa gouvernance et les prises de décisions associées.

En complément, une nouvelle approche de l'écologie urbaine a été proposée par Da Cunha (2015). Cette approche aspire à étudier la façon de relier « *le concept d'empreinte écologique à la notion de qualité urbaine* » (p.7). Outre une simple analyse des flux de matières et d'énergie, la nouvelle écologie urbaine intègre également des enjeux socio-culturels et environnementaux afin de définir l'empreinte écologique de l'écosystème urbain. Les comportements des individus, le fonctionnement des institutions et les techniques utilisées, ainsi que « *l'organisation de l'espace* » entrent notamment en compte (Da Cunha, 2015). L'écologie urbaine repose sur une approche écosystémique recourant à un urbanisme écologique, en développant des modes de conception urbaine intégrant la nature. Ainsi, en écologie urbaine, l'objectif général est de découvrir comment les processus écologiques et humains peuvent coexister dans des systèmes dominés par l'humain (Ewing et al., 2003). Ce mouvement renforce l'approche multidisciplinaire des problèmes actuels tels que la chaleur urbaine et le changement climatique. Selon Ramyar et al. (2021), des études récentes montrent que les tenants de l'écologie urbaine, qui se concentraient traditionnellement sur de simples concepts écologiques, s'intéressent désormais davantage à l'aménagement du territoire et à l'urbanisme pour atteindre leurs objectifs, tandis que les urbanistes intègrent de plus en plus les concepts écologiques traditionnels, tels que la biodiversité, afin de faire face au dérèglement climatique par le biais de nouvelles approches de l'aménagement du territoire et de la planification globale. Les concepteurs et les planificateurs urbains se demandent désormais comment les formes et les conceptions urbaines peuvent abriter des systèmes écologiques, tout en continuant à se concentrer sur les liens entre les systèmes sociaux et économiques (Marcus et Colding, 2011). La difficulté de l'application des concepts écologiques à la planification urbaine n'est pas seulement due à la complexité de l'intégration des principes écologiques dans les plans urbains. Elle est aussi due à la complexité de la compréhension et de la planification de la résilience et du développement durable des systèmes urbains dynamiques.

Selon le cinquième rapport du GIEC (Stocker, 2014), les villes constituent des régions qui se doivent d'élaborer des plans d'action face au changement climatique pour atténuer ses risques et profiter de ses opportunités bénéfiques, avec l'objectif de réduire la vulnérabilité

des systèmes urbains face au changement climatique (IPCC, 2007). Cependant, les principales ressources pour l'adaptation aux changements climatiques en milieu urbain sont limitées, ne sont souvent pas réparties équitablement et risquent en outre de se dégrader en raison d'un développement non durable (Parker et Simpson, 2020). L'intégration de la planification urbaine à la planification des infrastructures vertes en réponse aux besoins d'adaptation peut alors aider les villes à atteindre un développement plus durable et résilient (Ramyar et al., 2021).

3.4. Les infrastructures vertes urbaines

La planification des infrastructures vertes (Green Infrastructures en anglais) cherche à améliorer la capacité des villes à faire face aux changements climatiques à l'échelle locale en produisant une variété de services écosystémiques, et en suivant une approche proactive multifonctionnelle et multidisciplinaire. Dans un contexte urbain, certains scientifiques définissent les infrastructures vertes comme l'ensemble des espaces verts urbains, y compris les toits ou les cours végétalisés (Lafortezza et al., 2013), tandis que d'autres les définissent comme les ressources naturelles (bleues ou vertes) qui ont une valeur écologique et qui fonctionnent dans un réseau spatial (Davies et al., 2006).

La planification des infrastructures vertes urbaines, qui fait référence à la planification des infrastructures vertes à l'intérieur des limites d'une zone urbaine, deviendra de plus en plus complexe si nous voulons avoir des processus et des résultats adaptatifs dans la planification. L'adaptation en général peut être définie comme la réponse aux changements pour améliorer la résistance du système, tandis que dans la stratégie de planification, cela signifie améliorer la résilience du système face aux changements (Jopp et al., 2010). Malheureusement, la mise en place de projets urbains prend beaucoup de temps, en raison des spécificités du système politique démocratique (Bertrand et Richard, 2015). Face à la montée rapide des préoccupations concernant les perturbations climatiques dans les zones urbanisées, les urbanistes doivent aujourd'hui selon Ramyar et al. (2021) de toute urgence utiliser des approches plus intégrées et adaptatives ainsi que développer de nouveaux outils et méthodes pour appliquer efficacement ces approches.

Ainsi, les stratégies de mitigation des îlots de chaleur urbains peuvent agir sur différents paramètres. Comme de nombreuses recherches ont établi une corrélation négative entre la végétation et la chaleur, l'augmentation de la végétation semble toutefois être l'une des mesures la plus exploitée afin de limiter le phénomène d'îlot de chaleur urbain (Nuruzzaman, 2015 ; Rizwan et al., 2008). En effet, grâce à sa diversité, la végétation peut agir à plusieurs

niveaux afin d'influer sur la température, ce qui en fait un excellent climatiseur (Laforteza et al., 2013).

3.5. Les solutions basées sur la nature

3.5.1. Une définition

Les solutions basées sur la nature, aussi désignées dans la littérature scientifique anglophone par « nature-based solutions », prônent d'utiliser les propriétés naturelles des écosystèmes pour limiter les effets des changements climatiques (Raymond et al., 2017). Selon le rapport de Cohen-Shacham et al. (2016), ces solutions ont le potentiel de limiter les effets du changement climatique, de renforcer la biodiversité et d'améliorer la qualité de l'environnement tout en contribuant aux activités économiques et au bien-être social. Les solutions basées sur la nature constituent des interventions qui abordent simultanément les questions de durabilité sociales, économiques et environnementales, présentant ainsi une approche multifonctionnelle et orientée vers des solutions globales pour accroître la durabilité urbaine. Les toits verts et les parcs urbains qui limitent le stress thermique, les lagunes urbaines qui stockent l'eau ainsi que les surfaces perméables, la végétation et les jardins pluviaux pour intercepter les eaux de pluie en sont des exemples.

Maes et Jacobs (2017) définissent les solutions basées sur la nature comme une transition nécessaire vers une utilisation des services écosystémiques diminuant l'apport de capital naturel non renouvelable et augmentant les investissements dans les processus naturels renouvelables. Les solutions basées sur la nature entraînent ainsi des co-bénéfices, tels que l'amélioration de l'attractivité des lieux, de la santé et de la qualité de vie, mais aussi la création d'emplois verts (Raymond et al., 2017).



Figure 10: Le toit végétalisé de l'Office fédéral de la statistique à Neuchâtel (D. Marchon dans ArclInfo, 2019).

Les solutions basées sur la nature forment un concept général qui couvre une série d'approches différentes. Ces approches partagent un point commun, à savoir les services écosystémiques, et visent toutes à relever les défis sociétaux. Ces approches peuvent être classées en différentes catégories (Tableau 3). Les approches particulièrement en rapport avec le projet de Serrières, sont celles liées aux écosystèmes et spécifiques à un problème (« Issue-specific ecosystem-related approaches ») et celles ayant un rapport aux infrastructures (« Infrastructure-related approaches ») (Cohen-Shacham et al., 2016).

Category of NbS approaches	Examples
Ecosystem restoration approaches	Ecological restoration Ecological engineering Forest landscape restoration
Issue-specific ecosystem-related approaches	Ecosystem-based adaptation Ecosystem-based mitigation Climate adaptation services Ecosystem-based disaster risk reduction
Infrastructure-related approaches	Natural infrastructure Green infrastructure
Ecosystem-based management approaches	Integrated coastal zone management Integrated water resources management
Ecosystem protection approaches	Area-based conservation approaches including protected area management

Tableau 3: Catégories et exemples des différentes approches de solutions basées sur la nature. (Cohen-Shacham et al., 2016).

En effet, tel que présenté dans le tableau ci-dessus, les solutions basées sur la nature peuvent fortement contribuer à la lutte contre les changements climatiques en intervenant sous la forme d'infrastructures vertes en milieu urbain (murs végétaux, toitures végétalisées, arborisation, etc.).

3.5.2. Les solutions basées sur la nature dans la planification urbaine

La possibilité d'introduire les approches écosystémiques (ou liées aux écosystèmes) dans la planification urbaine et dans l'élaboration des politiques retient de plus en plus l'attention des scientifiques et des responsables politiques. Ceci est dû au fait que ces approches offrent des solutions durables et rentables pour la gestion de l'eau, la qualité de l'air, la biodiversité urbaine et les défis transversaux tels que la conservation de la biodiversité, la santé publique et le bien-être (Bennett et al., 2015 ; Carrus et al., 2015). Les chercheurs sont désormais encouragés à élaborer, par une approche écosystémique, des solutions basées sur la nature qui permettent aux autorités de travailler de manière intégrée avec les écosystèmes afin de s'adapter au changement climatique et d'en atténuer les effets, de conserver la biodiversité et d'améliorer la santé et le bien-être de l'humain (Cohen-Shacham et al., 2016). Les villes

offrent de nombreuses possibilités d'appliquer les solutions basées sur la nature. Ces solutions peuvent procurer aux autorités communales une gestion des risques, l'adaptation au changement climatique, l'amélioration des écosystèmes dégradés et une urbanisation durable. Selon Cohen-Shacham et al. (2016), l'intégration des solutions basées sur la nature dans la planification et la conception urbaines permettrait d'améliorer la santé et le bien-être général des citoyens mais aussi d'obtenir des avantages écologiques et économiques.

Le besoin de protéger le capital naturel de la ville et de valoriser les services écosystémiques est en train d'être reconnu comme fondamental afin de progresser vers les objectifs de développement durable. Les actions de l'Union européenne (UE) pour la mise en œuvre de la stratégie Europe 2020 en faveur d'une croissance intelligente, durable et inclusive en sont un exemple éloquent. Les stratégies de l'UE en matière de biodiversité et d'infrastructures vertes y contribuent de manière significative. En outre, cette stratégie thématique pour l'environnement urbain reconnaît que c'est bien dans les zones urbaines que les dimensions environnementales, économiques et sociales du développement durable se rejoignent le plus fortement. Les solutions basées sur la nature sont donc pertinentes pour plusieurs domaines politiques. Par leur nature systémique, les solutions basées sur la nature interagissent avec de nombreux autres domaines tels que l'aménagement du territoire et la planification spatiale (Raymond et al., 2017).

Pourtant, selon Dorst, van der Jagt, Raven et Runhaar (2019), la mise en œuvre des solutions basées sur la nature pourrait bénéficier d'une approche de planification davantage axée sur les performances et d'une approche flexible de la planification urbaine qui tient compte de l'intégration d'usages multiples des sols et de la complexité urbaine. Cependant, malgré leur potentiel important, l'utilisation des solutions basées sur la nature reste encore marginale, fragmentée et très inégale au sein des villes. L'utilisation d'infrastructures minérales et de solutions technologiques continue de dominer l'aménagement urbain (Dorst, van der Jagt, Raven et Runhaar, 2019). La Commission européenne, avec l'objectif de mieux exploiter le potentiel des solutions basées sur la nature, les a intégrées dans son programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 et investit dans une série de projets visant à renforcer la base de données sur ces dernières notamment via le projet *Naturvation* (Maes et Jacobs, 2017). Le nom *Naturvation* vient de NATure-based URban innoVATION. Ce projet implique 14 institutions à travers l'Europe dans les domaines du développement urbain, de la géographie, de l'innovation et de l'économie, qui cherchent à travers une approche transdisciplinaire à contribuer à la réalisation des solutions basées sur la nature pour répondre aux défis de la durabilité urbaine (Naturvation, 2021).

Pour que de nouveaux concepts tels que les solutions basées sur la nature perdurent, il faut une compréhension claire et largement acceptée des fondements sur lesquels ils sont établis, comprenant non seulement des définitions et des principes, mais aussi des paramètres et des cadres méthodologiques pour guider leur application (Brandt et al., 2013). Bien que le concept des solutions basées sur la nature soit très prometteur, le risque existe que des interventions mal définies ou mal réfléchies ne donnent pas les résultats escomptés, sapent la confiance des gouvernements et des investisseurs et exposent davantage les communautés qu'elles sont censées protéger (Cohen-Shacham et al., 2016).

3.5.3. Les enjeux à la mise en œuvre des solutions basées sur la nature

La mise en œuvre des solutions basées sur la nature exige que les défis politiques, économiques et scientifiques soient relevés simultanément par plusieurs groupes d'acteurs (Maes et Jacobs, 2017). Les praticiens doivent prendre en compte des éléments de gestion urbaine, de biodiversité, de gouvernance et d'innovation sociale dans un système socio-écologique (Maes et Jacobs, 2017 ; McGinnis et Ostrom, 2014), et intégrer divers types et systèmes de connaissances et de valeurs pour la conception et la mise en œuvre des solutions basées sur la nature. Ceci doit être fait de manière à ce qu'elles soient socialement compréhensibles et acceptables pour un ensemble de parties prenantes (Maes et Jacobs, 2017 ; Raymond et al., 2017).

Selon Raymond et al. (2017), les fonctionnaires et responsables des villes ont un rôle de premier plan à jouer pour garantir que les actions des solutions basées sur la nature s'alignent sur les stratégies de planification urbaine et les processus de gouvernance existants tout en y incluant les stratégies de lutte contre le changement climatique. Mais souvent la mise en œuvre des solutions basées sur la nature révèle un important déficit de connaissances. Plus précisément, les administrations urbaines peuvent manquer d'informations sur les instruments juridiques et les exigences relatives à la mise en œuvre des solutions basées sur la nature. Il n'est pas évident de savoir quel type de solutions correspond le mieux aux objectifs de développement des villes, bien que cela dépende largement du contexte spécifique à chaque ville (Kabisch et al., 2016). Ainsi, la question se pose de savoir comment les espaces verts peuvent idéalement être développés et entretenus dans le contexte de l'adaptation au changement climatique et de l'atténuation de ses effets. La planification stratégique des infrastructures vertes sera déterminante pour éviter les approches fragmentaires et pour intégrer les solutions basées sur la nature dans un système multifonctionnel et connecté par des espaces verts et bleus à l'intérieur de la ville (Pauleit et al., 2011). Il est donc nécessaire d'identifier les bonnes pratiques pour la planification et la mise en œuvre des solutions basées sur la nature (Kabisch et al., 2016).

Le recours à une gouvernance ad hoc (ou basée sur les problèmes), en reliant les efforts en matière de biodiversité et des enjeux climatiques, peut aider à mettre en œuvre des stratégies sur les solutions basées sur la nature. Les projets de mise en œuvre peuvent ensuite être transférés vers des approches à long terme pour ce qui concerne le développement, la mise en œuvre, la maintenance et le financement des solutions basées sur la nature. Cela permettra d'identifier ce qui est essentiel pour l'adaptation aux changements climatiques et les mesures d'atténuation durables. La recherche sur la rentabilité de la mise en œuvre des solutions basées sur la nature pourrait aider à justifier de nouveaux investissements et à promouvoir le financement à long terme ou les accords public-privé (Kabisch et al., 2016).

Selon Kabisch et al. (2016), il est évident que la planification ne peut plus être linéaire (avant-projet – mise à l'enquête – réalisation), mais doit devenir itérative. Ceci implique pourtant une complexité procédurale. Aux différentes étapes, les acteurs sont censés se concerter pour aboutir à des propositions de solutions acceptables pour tous. Pour organiser cette procédure, de nouveaux espaces de négociation, de nouveaux outils de planification et de nouveaux modes de communication doivent être inventés. Les démarches participatives des responsables de projets qui s'adressent aux citoyens s'inscrivent dans cette logique (Dind, 2011).

Kabisch et al. (2016) discutent ensuite des potentiels obstacles à la mise en œuvre et à l'implantation des solutions basées sur la nature en tant qu'outils d'adaptation aux changements climatiques. Tout d'abord est évoquée la « peur de l'inconnu ». Cela prend en compte à la fois les incertitudes et les risques liés à la mise en œuvre des solutions basées sur la nature dans les villes, ainsi que les changements que cela peut induire dans la planification urbaine. Les solutions basées sur la nature nécessitent alors de nouveaux protocoles pour la mise en œuvre et la maintenance, étant donné que ces facteurs sont perçus comme une inconnue opérationnelle. « *Les responsables locaux de la politique urbaine et les urbanistes étant souvent réticents à prendre des risques, ces inconnues créent des obstacles à l'adoption des solutions basées sur la nature dans les villes.* » (Kabisch et al., 2016, p. 7).

Frantzeskaki et al. (2020) ont également souligné les principaux types de limites dans la mise en œuvre qui empêchent une intégration et une adoption plus larges des solutions basées sur la nature dans les villes. Il s'agit de trois types de lacunes : les lacunes en matière de connaissances, de compétences et de gouvernance. Les lacunes en matière de connaissances concernent le manque de données ou d'approches normalisées pour

mesurer l'efficacité des solutions basées sur la nature en termes de réalisation de leurs objectifs principaux. Les connaissances existantes sont en grande partie éparpillées, ne s'inscrivent pas dans la durée, ou suivent des méthodologies différentes, ce qui rend les comparaisons difficiles. Cela favorise également un manque de confiance dans les solutions basées sur la nature comme complément ou alternative aux infrastructures minérales et limite l'adhésion des politiques. Les lacunes en matière de compétences concernent la capacité des urbanistes et des décideurs à concevoir et à adapter des solutions basées sur la nature aux besoins et aux contextes locaux. Ce défi s'étend également au manque d'expérience des services d'urbanisme sur la manière d'intégrer des solutions basées sur la nature dans leurs politiques et leurs processus décisionnels (Frantzeskaki et al., 2020).

Les lacunes en matière de gouvernance font référence à une collaboration insuffisante entre les différents acteurs urbains (au sein et en dehors du gouvernement et de l'administration) pour concevoir et mettre en œuvre des solutions basées sur la nature. Cela se traduit également par la persistance de politiques sectorielles où les différents départements, ministères et acteurs gouvernementaux ne collaborent pas assez en termes de création de politiques intersectorielles globales liées aux solutions basées sur la nature (Frantzeskaki et al., 2020).

Un obstacle supplémentaire concerne la déconnexion entre les actions à court terme et les objectifs à long terme. Les changements dans l'administration, par exemple, nécessitent souvent des processus de planification, de mise en œuvre et de maintenance à long terme, y compris la désignation durable de fonds suffisants à appliquer pendant toute la durée de vie des solutions basées sur la nature. Cela est contraire aux cycles d'action et de prise de décision généralement à court terme au sein des administrations municipales. Dans une comparaison de la planification et de la mise en œuvre des infrastructures vertes dans un certain nombre de villes européennes, Davies et al. (2015) ont constaté que les cadres des politiques se réfèrent généralement à des visions à long terme, difficiles à être modifiées lorsque les objectifs politiques changent au cours de nouveaux cycles politiques. Dans l'ensemble, ces facteurs entraînent une déconnexion entre la réceptivité des politiques et les résultats et concepts scientifiques prêts à être appliqués (Hansen et al., 2015).

Un autre obstacle majeur à l'implantation des solutions basées sur la nature concerne les structures traditionnelles des services municipaux et le fait qu'ils ont généralement leur propre « langage sectoriel », c'est-à-dire l'utilisation de termes techniques selon une politique sectorielle. En outre, les services municipaux ont des champs d'action définis et des responsabilités restreintes, ainsi que des structures décisionnelles dans lesquels des projets

à responsabilités à multiples facettes tels que les solutions basées sur la nature ne peuvent souvent pas être inscrits. En dernier lieu, un obstacle à l'action se réfère aux « parties prenantes fortes » avec lesquelles une ville ou une municipalité doit établir des interactions quelque fois difficiles ; il s'agit d'autres organismes publics tels que les associations de logement, les investisseurs ou les promoteurs (Davies et al., 2015).

3.6. Le projet urbain

Le projet urbain est considéré par certains aujourd'hui comme le mode opératoire de la ville durable (Da Cunha, 2005). Il fait son apparition en urbanisme avec l'avènement de la question du développement durable et les enjeux de la durabilité face aux impacts des changements climatiques.

3.6.1. Une définition du projet urbain

Le terme de projet urbain apparaît « en réaction à une conception fonctionnaliste dominante dans l'aménagement du territoire » (Grin, 2005, p.113). Ainsi, le projet urbain se veut une action globale et négociée dans le but de créer un environnement de qualité (Ingallina, 2001). La compréhension de ce concept montre que nous sommes passés d'une « *planification technocratique, imposée, à une planification plus démocratique, négociée entre acteurs sociaux pour aboutir à un projet collectif* » (Ingallina, 2001, p.14). Le projet urbain est qualifié de collectif car il nécessite l'intégration des différents acteurs de la ville. En effet, « *l'idée de projet implique des transformations dans les modalités de l'exercice de l'action collective – basée sur une négociation explicite, permanente entre les techniciens, le politique et les habitants dans une logique processuelle de coproduction itérative de la ville* » (Bonard et Thomann, 2009, p.6). Le projet urbain contribue ainsi à la production de la ville par l'intégration d'une pluralité d'acteurs tels que les praticiens de l'urbanisme, les acteurs de la sphère politique et les habitants. Cette définition renvoie à la dimension de l'articulation des acteurs urbains et la participation de ces derniers à la fabrique de la ville. Dans le contexte des projets d'aménagement concertés en Suisse romande, les responsables de projet se sont vus proposer une définition du concept du projet urbain comme suit : « *Le projet urbain est à la fois un processus concerté et un projet territorial : il consiste à définir et mettre en œuvre des mesures d'aménagement sur un territoire urbain donné, en partenariat avec tous les partenaires civils et institutionnels concernés, intégrant les différentes échelles territoriales et le long terme, en vue d'un développement urbain durable* » (Dind, 2011, p.60).

3.6.2. La mise en œuvre d'un projet urbain

Le projet urbain en tant qu'outil opératoire de la ville durable permet de mettre en œuvre les mesures nécessaires pour atteindre les principes stratégiques et les objectifs du développement urbain durable. Il se base sur les trois piliers du développement durable : l'environnement, le social et l'économie. Dans le cas pratique en Suisse romande, par exemple, les mesures à réaliser dans les différents domaines se distinguent en cinq thématiques : lien et cohésion sociale, viabilité économique, cadre de vie, participation des habitants et environnement (Dind, 2011). Tout d'abord, les mesures centrales pour promouvoir le lien social passent par la promotion de l'équité entre les acteurs, l'intégration de ceux-ci dans le projet et le développement de la vie de quartier. Au niveau économique, les mesures à préconiser dans un projet urbain sont de nature à assurer une viabilité économique à long terme. Elles concernent en partie la création de logements et d'emplois pour garantir une mixité sociale. Puis, le projet urbain offre l'opportunité d'y intégrer des réflexions environnementales ainsi que sur la manière de réduire les impacts négatifs sur le cadre de vie. Les mesures qui en découlent peuvent être par exemple l'optimisation de la consommation d'énergie des bâtiments, la réduction de l'utilisation des transports individuels motorisés, le soutien à la biodiversité locale ou l'optimisation du recyclage des déchets.

3.6.3. Spécificités des projets urbains dans les secteurs déjà bâtis

Si les projets urbains présentent par leur nature une grande complexité, celle-ci est encore accrue dans le contexte de secteurs urbains déjà largement bâtis. Il peut s'agir de remplacer un équipement existant, de transformer un parking en place piétonne ou, plus délicat, d'un processus de densification d'un quartier par la construction de nouveaux logements. Ces situations posent un certain nombre de problèmes spécifiques (Dind, 2011) : les projets qui valorisent le patrimoine bâti et naturel existant plutôt que de l'ignorer ont de plus fortes chances de recevoir l'approbation des usagers. Dans ce contexte, il faut tenir compte du fait que chaque quartier présente un certain capital social, qui se manifeste dans un tissu associatif plus ou moins dynamique, des réseaux sociaux formels et informels, des activités sociales plus ou moins structurées. Le projet doit favoriser ce capital en permettant aux associations de participer au processus. Un projet urbain qui s'inscrit dans un secteur largement bâti doit être attentif aux impacts sur l'ensemble du secteur et à ne pas péjorer les conditions de vie dans ses environs. Pour cela, l'attachement des habitants au lieu et à l'identité locale ne doit pas être ignorées. Le projet urbain doit par conséquent s'appuyer sur les dimensions identitaires positives du quartier et les renforcer. Ceci est particulièrement important face à une éventuelle résistance au changement des résidents. Même lorsque l'intérêt collectif semble particulièrement évident, comme lors de la requalification d'un espace public, la méfiance que peut susciter tout projet de transformation d'un quartier

existant ne doit pas être sous-estimée. Cette méfiance se cristallise en général dans des arguments tels que la disparition de places de stationnement ou les impacts non désirés liés à de nouveaux usagers. Concernant ce dernier point, Dind (2011) précise que « *si ces réactions sont souvent le reflet d'une peur du changement, les doléances risquent de dominer le discours au détriment des propositions. Il s'agit dès lors d'identifier les craintes particulières qui se cachent derrière les positions de refus, et y répondre point par point* » (Dind, 2011, p.62).

3.6.4. Projet urbain et notion de réversibilité comme leviers d'action

Les approches du projet urbain et de l'urbanisme végétal permettent d'analyser et de proposer des implantations de formes végétales sur les secteurs sujets aux effets d'îlots de chaleur urbains. Les politiques climatiques locales contextualisées et intégrant des stratégies d'adaptation sont nécessaires pour exploiter les potentiels de réversibilité des espaces urbains (Gwiazdzinski, 2013). Une planification urbaine proactive est donc primordiale pour agir sur le métabolisme d'une ville et pour permettre d'atténuer l'impact des systèmes urbains sur le climat, mais également pour les rendre plus adaptés aux perturbations climatiques (Bertrand et Richard, 2015).

Pour cela, le projet urbain représente un instrument efficace de l'action publique urbaine. Il se substitue à la notion de plan (qui sous-entend un but ultime à atteindre) en étant autant processus que résultat (Pinson, 2005). Le projet traduit une intention politique tout en mobilisant la collectivité et en appelant à une collaboration entre tous les acteurs de la ville, à tous moments de réflexion et d'intervention. Ceci permet d'appréhender les problèmes territoriaux de manière transversale, de valoriser les ressources locales et de créer des espaces répondant aux attentes des usagers (Pinson, 2005). Dans la situation actuelle d'incertitude face aux changements climatiques, le projet urbain permet une analyse contextualisée et multidisciplinaire des enjeux. Cette nouvelle manière de façonner la ville peut être réalisée uniquement en repensant l'espace public comme composante principale de la mise en œuvre du projet urbain (Da Cunha, 2015).

3.6.5. La participation

Le projet urbain au cœur de l'urbanisme durable « *nécessite de nouvelles formes de conception et de mise en œuvre des décisions publiques, permettant de consulter et d'associer des habitants, des usagers, des riverains, des acteurs, des experts plus variés, en amont et en aval des prises de décisions* » (Ascher, 2013, p.117). Par conséquent, la participation des citoyens et des habitants est une étape indispensable dans les projets

d'aménagement actuels. La participation des acteurs apparaît dans le domaine de l'urbanisme dans les années 1970 (Bacqué et Gauthier, 2011) et est aujourd'hui considérée comme une condition importante pour un développement durable (Lawrence, 2003).

3.7. Conclusion

La revue de littérature qui vient d'être esquissée a permis de saisir les différents enjeux liés à la question complexe de l'adaptation du milieu urbain aux changements climatiques. Le phénomène d'îlot de chaleur urbain est dû à plusieurs facteurs – incontrôlables et contrôlables. Ainsi, certains facteurs, liés à la forme urbaine, à l'occupation du sol ainsi que ses matériaux peuvent être modifiés pour atténuer les îlots de chaleur urbains. L'augmentation de la végétation semble toutefois être l'une des mesures la plus exploitée dans la limitation des îlots de chaleur urbains et valide l'importance de la présence de la nature en ville. Dans cette optique, le concept des solutions basées sur la nature prône d'utiliser les propriétés naturelles des écosystèmes pour limiter les effets des changements climatiques. La possibilité d'introduire les solutions basées sur la nature dans la planification urbaine et dans l'élaboration des politiques retient de plus en plus l'attention des scientifiques et des responsables politiques. Néanmoins, malgré leur potentiel important, l'application des solutions basées sur la nature dans la planification urbaine reste encore marginale. Plusieurs types de lacunes dans la mise en œuvre empêchant une intégration et une adoption plus larges des solutions basées sur la nature dans la planification urbaine ont été soulignées par les auteurs. Pour y faire face, le recours à une gouvernance pragmatique et basée sur les problèmes, ainsi qu'une collaboration entre les acteurs peut aider à mettre en œuvre les stratégies promouvant les solutions basées sur la nature.

4. Problématique

4.1. Questionnement général

Dans le contexte actuel où les villes sont devenues des environnements où les effets des changements climatiques dont les îlots de chaleur urbains se font fortement ressentir, la problématique de la fabrique de la ville durable de demain doit être posée. Face à l'urgence et l'ampleur des enjeux climatiques et à la vulnérabilité croissante des villes et de leur population qui en découle, les politiques d'adaptation et d'atténuation climatique doivent trouver des pistes d'actions concrètes pour y répondre. En Suisse, les outils de la Confédération en termes d'adaptation aux changements climatiques sont majoritairement de nature informative et incitative. Les principes généraux appellent en premier lieu à la responsabilité des villes et des communes afin de mettre en œuvre des mesures opérationnelles. L'objectif de la Confédération est aujourd'hui, à travers son programme pilote d'adaptation aux changements climatiques, de soutenir techniquement et financièrement des projets novateurs mis en place par les cantons, les villes ou les communes et de stimuler des actions territorialisées à toutes les échelles.

Dans le cadre des mesures opérationnelles envisagées par les villes, le projet urbain représente un instrument innovateur permettant une analyse et une conception contextualisées et multidisciplinaire du territoire. Sur la base des théories issues des champs de l'écologie urbaine et en tenant compte spécificités locales, le projet urbain possède tout le potentiel de s'imposer comme un vecteur important afin de trouver des solutions concrètes pour nos villes pour s'adapter aux effets des changements climatiques.

Parmi ces solutions sont à relever les solutions basées sur la nature, qui prônent d'utiliser les propriétés naturelles des écosystèmes pour limiter les effets des changements climatiques. Elles renforcent, entre autres, la biodiversité et améliorent la qualité de l'environnement et représentent donc un outil d'adaptation des villes qui mérite être développé à l'avenir. Car, malgré leur potentiel reconnu important, l'utilisation des solutions basées sur la nature est encore trop négligée par les collectivités et les concepteurs des villes. A l'heure actuelle, l'utilisation d'infrastructures minérales et de solutions technologiques continue de dominer l'aménagement urbain actuel.

Ainsi, ce travail aspire à porter une réflexion sur la façon d'adapter le projet urbain à la question des changements climatiques notamment en tenant compte du phénomène d'îlot de chaleur urbain. En d'autres termes, il est question de comprendre quels sont les contraintes à l'application et l'intégration des solutions basées sur la nature dans les

politiques locales d'adaptation aux changements climatiques en se référant au projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » comme cas d'étude. Plus précisément, il est question d'analyser comment le problème des îlots de chaleur urbains a été intégrée à la conception du projet de Serrières et comment elle est mise en œuvre Ceci est d'autant plus intéressant que c'est la première fois que la ville de Neuchâtel vise l'adaptation aux changements climatiques comme objectif central d'un projet urbain.

4.2. Question générale de recherche et sous-questions

Afin de guider ce travail, la question générale de recherche suivante a été définie :

Quelles sont les contraintes à l'intégration des solutions basées sur la nature dans la planification urbaine ?

Afin d'affiner la question de recherche générale, les sous-questions suivantes ont été élaborées :

- Où en sont les politiques climatiques suisses concernant la question de l'adaptation aux changements climatiques, en particulier celle de la ville de Neuchâtel ?
- Quels sont les outils de mise en œuvre des solutions basées sur la nature ?
- Qui sont les acteurs impliqués dans le processus d'intégration des solutions basées sur la nature dans les politiques locales ?
- Quelles sont les contraintes à l'intégration des solutions basées sur la nature dans le projet urbain ?
- Quelles sont les bonnes pistes de mise en œuvre des solutions basées sur la nature ?

5. Méthodologie

5.1. Cadre méthodologique général

La stratégie de collecte et d'analyse de données de ce travail s'organise sur la mise en place d'un agenda de recherche et d'un plan de données. Dans le cadre de ce travail, la démarche méthodologique choisie pour répondre à la question de recherche est qualitative. Ce travail peut être caractérisé de recherche qualitative de terrain dans le fait où cela implique un contact personnel avec les acteurs du projet principalement via des entretiens semi-directifs ainsi que par l'observation de pratiques. Comme élaboré dans le chapitre sur la problématique, le but de ce mémoire est celui d'identifier et comprendre quelles ont été les contraintes à l'intégration de la question de l'adaptation aux îlots de chaleur urbains comme élément central en amont du projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » de la ville de Neuchâtel. Pour ce faire, il s'agira de vérifier les hypothèses de recherche énoncées auparavant. De ces hypothèses découlent des sous-questions qui ont guidé l'élaboration des guides d'entretien. Les résultats du travail de terrain ont l'objectif de comprendre les mécanismes inhérents à l'élaboration d'un projet urbain et les enjeux de la traduction des solutions basées sur la nature dans ce dernier.

Concrètement, le projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » traite de la rue du Clos-de-Serrières, dans le quartier de Serrières, situé à l'est de la ville de Neuchâtel. Pour l'instant, la rue du Clos-de-Serrières n'a pas encore subi de transformations ou réalisations, la fin des travaux étant prévue en 2022. Des visites sur place ont néanmoins été faites afin de se familiariser avec le site et d'effectuer des observations des structures existantes et de les comparer avec les aménagements prévus dans le projet.



La rue du Clos-de-Serrières vue depuis l'ouest, printemps 2021. Photo : Ville de Neuchâtel, 2021.

5.2. Littérature scientifique

Afin de récolter les données nécessaires pour répondre au questionnement de ce travail, une analyse de l'état de l'art a été menée en premier lieu. Celle-ci est une des méthodologies qualitatives particulièrement utilisées en sciences sociales et humaines, qui consiste en un examen systématique et méthodique de documents textuels en minimisant les éventuels biais cognitifs et culturels. Elle vise la création d'un corpus littéraire. Au sens large, celui-ci est constitué d'un ou plusieurs produits sémiotiques (articles scientifiques, livres, etc.), retenus par critères et qui font l'objet d'une analyse (Hébert, 2014).

La première partie de ce travail repose ainsi sur cette méthode, elle regroupe un corpus de textes ayant trait aux changements climatiques, le phénomène d'îlot de chaleur urbain, les possibilités d'adaptation en milieu urbain et leur influence sur la mise en place des projets urbains, les approches géographiques et sociologiques notamment sur l'écologie urbaine et le concept des solutions basées sur la nature. Comme explicité en amont, cette méthode permet une compréhension globale, non exhaustive, de la question de l'adaptation aux changements climatiques en milieu urbain en articulant plusieurs théories, approches, interprétations et auteurs. Cette méthode fournit les acquis théoriques nécessaires pour analyser et comparer les interventions et avis des participants interviewés.

5.3. Documents cadres

Ce travail se base en outre sur l'analyse des différents documents de référence à l'échelle du projet localisé, de la ville de Neuchâtel, de son agglomération ainsi que du canton de Neuchâtel. L'analyse se réfère pour cela aux différents documents directeurs ainsi qu'aux diverses réglementations en vigueur à l'échelle cantonale et communale. De plus, cette analyse se base sur un certain nombre de documents, rapports et communiqués de presse fournis par les acteurs suite aux entretiens réalisés ainsi que sur des articles de journaux.

5.4. Entretiens

Les entretiens menés dans le cadre de ce travail de recherche ont été réalisés en deux phases. En amont du projet, un entretien exploratoire a été entrepris dans le but de contextualiser mon cas d'étude et d'affiner la problématique. Les entretiens semi-dirigés ont eu lieu ensuite afin d'obtenir un maximum d'informations permettant de lancer la discussion sur la problématique et la question de recherche définie au préalable.

5.4.1. Entretien exploratoire

L'entretien exploratoire est un outil qui intervient en complément des lectures et qui aide à préciser, voire définir, une problématique : « *Les entretiens exploratoires ont donc pour fonction principale de mettre en lumière les aspects du phénomène étudié auxquels le chercheur n'aurait pas pensé spontanément lui-même et à compléter ainsi les pistes de travail que ses lectures auront mis en évidence.* » (Quivy et Van Campenhoudt, 2006, p.58). Dans le cadre de ce travail, un entretien exploratoire a été mené avec Monsieur Guirec Gicquel, directeur du Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques et responsable de la coordination à l'OFEV. Cet entretien a notamment servi à réorienter la problématique de ce travail et à recentrer la question de recherche sur l'aspect de mise en œuvre du projet de Serrières, plutôt que sur ses résultats étant donné que le projet n'est actuellement pas terminé. L'entretien a également fourni des informations complémentaires concernant l'organisation et les objectifs du Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques de OFEV.

5.4.2. Entretiens semi-directifs

Les entretiens semi-directifs se différencient des entretiens exploratoires en ciblant l'échange sur les éléments que la chercheuse souhaite vérifier au sein de son travail : « *Par rapport à l'entretien exploratoire, le chercheur concentrera d'avantage l'échange autour de ses hypothèses de travail sans exclure pour autant les développements parallèles susceptibles de les nuancer ou de les corriger.* » (Quivy et Van Campenhoudt, 2006, p.174). Parmi les diverses formes possibles de collecte d'informations orales, une importance particulière est accordée à l'entretien semi-directif, car celui-ci permet de choisir au préalable les thématiques à aborder et de guider l'entretien tout en laissant une grande liberté d'expression à l'interviewé (Combessie, 2007). Si ce type d'entretien est choisi, apparaît la nécessité de créer en amont un guide d'entretien, lequel a été établi (cf. annexe 1). Cette méthode a permis ainsi d'avoir des conversations ciblées avec les acteurs impliqués dans l'élaboration du projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » ainsi qu'avec des professionnels du domaine de l'aménagement du territoire, et de recueillir des données qualitatives importantes, en complément à celles trouvées dans la littérature et les documents cadres. Ainsi, un guide d'entretien général a été préparé puis quelques questions spécifiques ont été adaptées en amont au cas par cas selon la personne à interviewer.

Pour organiser les entretiens, un premier contact avec les participants a été effectué tout d'abord par mail ou téléphone en leur expliquant le but de ce travail de recherche. Afin de préparer les entretiens en amont, une grille d'entretien a été élaborée avec des questions

ouvertes mais précises, selon le domaine de compétence de chaque personne. Les entretiens ont été menés en présentiel dans un endroit du choix de la personne interviewée ou par visioconférence selon les disponibilités de la personne et l'évolution du contexte sanitaire. Afin de garantir la traçabilité des données recueillies, les entretiens semi-directifs ont tous été enregistrés et sauvegardés avec l'accord de l'interviewé dans un fichier électronique, puis retranscrits dans un document de texte sécurisé. Le traitement des données issues de ces entretiens a permis de décortiquer les nombreuses informations permettant la confrontation des hypothèses aux faits. Dans ce contexte, les acteurs suivants ont été rencontrés au printemps et à l'été 2021 :

Silvia Almeida Architecte au Service de l'aménagement urbain de la ville de Neuchâtel, chargée du projet « Nature en ville » à la ville de Neuchâtel et l'une des responsables du projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre ».

Cet entretien principal a notamment servi à constituer la base d'informations concernant la mise en place et les détails du projet Serrières. Ceci a ensuite permis d'identifier d'autres acteurs complémentaires afin de compléter l'étude de terrain.

Lionel Tudisco Responsable urbaniste à la ville de Sion qui a participé à la mise en œuvre du projet « AcclimataSion ».

Dominique Robyr Soguel Cheffe de service adjointe de la section planification cantonale du canton de Neuchâtel.

Damian Jerjen Directeur d'EspaceSuisse (association suisse pour l'aménagement du territoire). Anciennement aménagiste cantonal au canton du Valais.

Mathieu Petite Urbaniste-aménagiste, adjoint à l'urbaniste cantonale du canton de Genève. Anciennement collaborateur scientifique à l'Université de Genève.

Maude Sauvain Directrice du bureau d'urbanisme « Latitude Durable », mandatée en tant que cheffe de projet par le canton de Genève dans le cadre du projet « Cool City ».

Ces entretiens ont permis d'élargir les perspectives sur le projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » et de réunir différents avis de spécialistes sur l'intégration des solutions basées sur la nature dans les projets urbains et dans les politiques climatiques de plusieurs cantons et communes à l'échelle de la Suisse. Notamment, Lionel Tudisco et Maude Sauvain travaillent ou ont travaillé sur des projets urbains avec des objectifs similaires à celui de Serrières. Ces projets, « AcclimataSion » et « Cool City », sont comparés selon différents points avec le projet de Serrières dans le chapitre suivant.

5.5. Terrain d'étude

Dans le contexte de besoin d'adaptation du milieu urbain aux changements climatiques, ce mémoire s'intéresse au projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre », en cours depuis janvier 2019, porté par la Direction de l'urbanisme de la ville de Neuchâtel. L'Office fédéral de l'environnement (OFEV) avait lancé en 2018 un appel à projet dans le cadre du « Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques » de la Confédération (OFEV, 2019). Il s'agit d'un programme qui soutient des projets exemplaires et novateurs portés par les cantons, les régions, les villes ou les communes, et montre comment la Suisse peut concrètement s'adapter aux changements climatiques. Profitant de ses réflexions menées sur la rue du Clos-de-Serrières, la ville de Neuchâtel a répondu à cet appel avec le projet de réaménagement, baptisé pour l'occasion « Serrières, vers une fraîcheur de vivre ». Ce projet s'accompagne d'un volet spécifique au phénomène d'îlot de chaleur urbain et qui souhaite proposer des mesures pilotes pour en limiter l'impact à l'échelle locale. Ces mesures s'inscrivent dans les principes décrits dans la Vision d'aménagement « Neuchâtel 2050 ». Le projet est soutenu et suivi actuellement par l'Office fédéral du développement territorial (ARE) ainsi que l'OFEV.

5.5.1. Le projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre »

Le projet de Serrières propose une mise en œuvre locale, à l'échelon du quartier de Serrières de la ville de Neuchâtel en associant ses habitants (NCCS, 2019). Son but est l'application d'une palette de mesures « climat » exemplaires à l'échelle locale.

Dans le cadre de ce projet, il est prévu que la rue du Clos-de-Serrières (Figure 11) passe en zone 30km/h, avec un arrêt de bus bidirectionnel, et bénéficie d'actions pilotes pour réduire les effets de l'îlot de chaleur, notamment grâce à la végétation, la matérialité et la perméabilisation des sols (Ville de Neuchâtel, 17 août 2020). Il est prévu en outre qu'un large trottoir soit aménagé avec une bande végétalisée qui distancie les passants des véhicules améliorant en même temps la sécurité.



Figure 11: Périmètre du projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre ». Source : Ville de Neuchâtel (2020, 17 août).

Les habitants, les propriétaires et les usagers du quartier ont pu exprimer leurs souhaits et leurs préoccupations quant à la transformation de la rue du Clos-de-Serrières. Le projet a fait l'objet d'une large consultation publique afin de mieux comprendre les besoins des différents utilisateurs. Des balades diagnostiques, entretiens et ateliers ont été organisés par les services de l'urbanisme de la ville afin d'intégrer toutes les tranches d'âge dans le projet (Vivre la ville, 9 septembre 2020). Le 6 mars 2019, une séance publique a ensuite permis aux habitants du quartier de prendre connaissance des propositions de principes d'aménagement résultant des enquêtes menées. Pendant cette séance, les serriérois.es ont été invités à partager leurs idées et besoins et de contribuer ainsi à l'élaboration du projet (Ville de Neuchâtel, 6 mars 2019).

En 2020, le projet a dû faire face au référendum « Non aux suppressions irréfléchies des places de parc ! », lancé par un comité composé du parti « Le centre » (anciennement Parti Démocrate-Chrétien), du TCS et du Commerce indépendant de détail de Neuchâtel. Le nombre de signatures nécessaires à ce référendum a été réuni en automne 2020. Le 13 juin 2021, une votation populaire au niveau communal a été organisée par laquelle la population neuchâteloise a été invitée à se prononcer sur le projet de réaménagement du quartier Clos-de-Serrières. Les citoyens ont accepté le projet à 63,5% et permet ainsi de concrétiser les aménagements prévus (communiqué de presse, Ville de Neuchâtel, 13.06.2021).

5.5.2. Situation initiale

Le Conseil communal de Neuchâtel décrit dans son rapport concernant le réaménagement du Clos-de-Serrières et le projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre », les aménagements urbains de la rue du Clos-de-Serrières comme « *vétustes ; trottoirs étroits et défoncés, manque de verdure et de mobilier urbain, cheminements dangereux pour les élèves, surfaces minérales mal utilisées* » (Ville de Neuchâtel, 17 août 2020, p.1). Comme en témoigne l'image ci-dessous datant de 2020 (Figure 12), la rue du Clos-de-Serrières est une rue plutôt inhospitalière pour les piétons et les cyclistes en raison de cheminements étroits et le manque de végétation et d'abris contre la pluie à l'arrêt de bus.



Figure 12: La rue du Clos-de-Serrières en 2020. (SP-Ville de Neuchâtel)

De plus, il s'est avéré que le quartier de Serrières se trouve dans une situation particulièrement exposée aux effets d'îlot de chaleur (Ville de Neuchâtel, 6 mars 2019). En juin 2018, une série de 18 capteurs de température ont été installés dans le quartier de Serrières ainsi que dans la ville de Neuchâtel afin de repérer et de quantifier le phénomène d'îlot de chaleur. Le monitoring de la température a été mis en place par l'Institut de géographie de l'Université de Neuchâtel en collaboration avec les services de la ville dans le but de mesurer l'écart existant entre les mesures standards de la station MétéoSuisse de Neuchâtel et celles des lieux typiques du quartier et de la ville, là où vivent réellement les habitants et les visiteurs.

En juin 2019, après une première analyse des résultats des mesures de l'été 2018, six stations complémentaires ont été installées dans des sites du quartier de Serrières susceptibles de nécessiter une meilleure documentation. Les stations ont été catégorisées selon les caractéristiques de leur environnement proche : rue ouverte (*Open*), parc urbain (*Vegetation*), rue fermée (*Canyon*) ou proximité du lac (*Lake*) (Signarbieux et Rebetez, 2019).

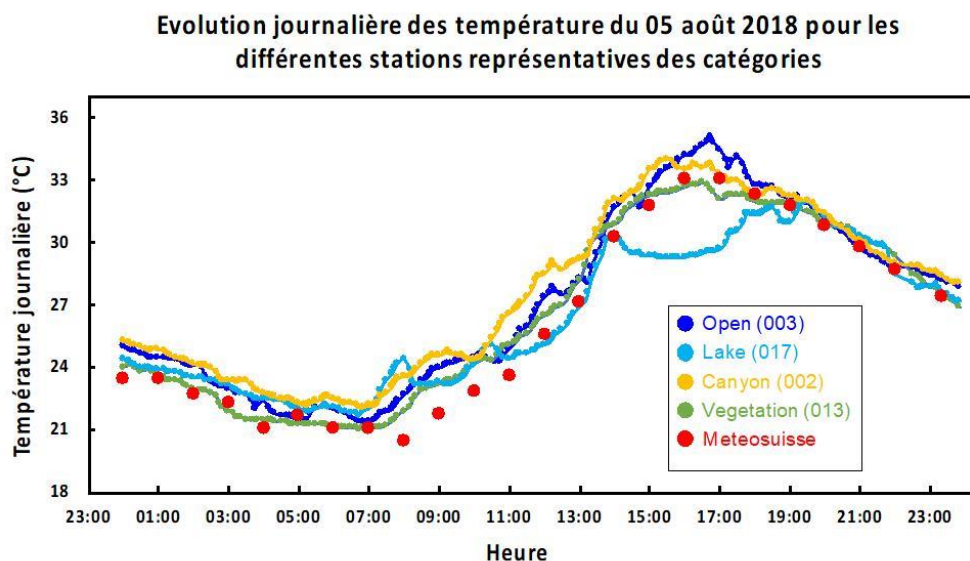


Figure 13: Évolution de la température à Neuchâtel lors de la journée la plus chaude de l'année 2018 (5 août) pour différents types de station. (Signarbieux et Rebetez, 2019).

La figure 13 issue du rapport d'analyse des températures (Signarbieux et Rebetez, 2019) illustre l'évolution des températures sur 24 heures pour le deuxième jour le plus chaud de l'été, le 3 août 2018. On observe une baisse identique pour toutes les catégories de stations de capteurs durant la nuit jusque vers 7h du matin. Puis, les températures commencent à augmenter à toutes les stations mais la station *Open* montre les différences de températures les plus élevées tandis que la station *Lake* montre les plus fraîches, avec une différence de 4 à 6 °C.

5.5.3. Objectifs du projet

Les enjeux du projet de réaménagement de Serrières sont multiples : faire abaisser la vitesse du trafic à 30km/h, améliorer l'accessibilité aux arrêts de bus, créer une nouvelle place de quartier, mais également proposer des mesures pilotes d'adaptation aux changements climatiques, telles que la construction d'une trame végétalisée distançant les piétons du trafic et l'augmentation des surfaces perméables pour contrer le phénomène d'îlot de chaleur urbain relevé sur place.

L'image suivante (Figure 14) montre l'état actuel de l'espace où se trouve l'arrêt de bus « Battieux » le long de la Rue du Clos-de-Serrières. L'espace est majoritairement minéralisé et imperméable. Les quelques arbres au bord se trouvent sur domaine privé.



Figure 14: Aménagement actuel de l'espace qui accueillera la future place du quartier. (SP-Ville de Neuchâtel)

Le projet prévoit d'aménager une place piétonne généreuse grâce à la relocalisation de l'arrêt de bus. Les deux arrêts de bus actuels seront couplés afin de réaliser sur la place une halte bidirectionnelle sur voie unique. La place sera perméabilisée et abondamment végétalisée afin de l'adapter aux changements climatiques et d'offrir de l'ombre et de la fraîcheur aux piétons. Les places de stationnement sur la place du Clos-de-Serrières sont conservées et disposées en face des commerces (Figure 15).

Concernant la rue, l'expertise du régime de stationnement mandatée a mis en évidence que si les places sont utilisées à environ 80%, celles de la chaussée Isabelle-de-Charrière (rue adjacente) ne sont que peu utilisées (environ 40%). Sur la rue du Clos-de-Serrières, il a donc été prévu de supprimer 23 places sur 29. Selon l'expertise, le réservoir de places sur la chaussée Isabelle-de-Charrière est suffisant pour absorber les véhicules stationnant actuellement sur la rue du Clos-de-Serrières (Ville de Neuchâtel, 17 août 2020).



Figure 15: Plan de la nouvelle place du quartier de Serrières. Source : Ville de Neuchâtel (2020, 17 août).

Dans sa communication datée du 17 août 2020, la ville de Neuchâtel a fait valoir qu'avec l'abaissement du régime de vitesse (de 50 km/h à 30km/h), le quartier gagnera un apaisement et une sécurisation pour tous les usagers. Une autre conséquence positive du changement de régime est la réduction du gabarit routier et donc la libération de surfaces pour d'autres affectations (surfaces vertes et/ou piétonnières). Les enjeux principaux de la rue sont réglés par la « trame » végétalisée et perméable. Cette bande tout le long de la rue crée une zone tampon distançant les piétons du trafic afin de leur conférer une protection et un sentiment de sécurité. Elle offre également une valeur sociale ajoutée grâce à une promenade où les gens se rencontrent dans un cadre agréable et apaisé (illustré en figure 16). Elle permet en outre d'inclure des éléments utiles tels que des bacs potagers, des sièges relais ou des places de stationnement. Enfin cette trame végétalisée réduit l'effet d'îlot de chaleur (Ville de Neuchâtel, 17 août 2020).



Figure 16: Image de synthèse de la nouvelle place du quartier. (Ville de Neuchâtel, 2020, 17 août).

Concernant le terminus du bus de la ligne 102, situé à l'autre bout de la rue du Clos-de-Serrières, il gardera sa structure actuelle. Les revêtements de sol seront perméabilisés autant que possible tout en conservant les besoins spécifiques de la giration des bus. Il est prévu d'installer des espaces de repos pour que les personnes âgées puissent faire une halte sur leur parcours. Les habitants et visiteurs pourront profiter du dégagement de vue sur le lac. Les places de stationnement à cet endroit seront conservées et la végétation sera maintenue et mise en valeur.



Figure 17: Image de synthèse du nouveau terminus de la ligne 102. (Ville de Neuchâtel, 2020, 17 août).

Dans le rapport du 17 août 2020, il a été souligné que le réaménagement proposé dans le cadre de ce projet urbain constitue la première réalisation de la ville de Neuchâtel pour laquelle l'adaptation aux changements climatiques est définie comme un élément central et déterminant dès le début de la conception du projet (Ville de Neuchâtel, 17 août 2020). Cette affirmation a principalement suscité l'intérêt à rédiger ce mémoire sur ce projet, sur son processus d'élaboration ainsi que sur sa réalisation. Sur la base des critères de définition des solutions basées sur la nature présentés précédemment, il ressort que les mesures pilotes proposées dans le cadre de ce projet peuvent être qualifiées de solutions basées sur la nature.

5.6. Étude comparative

Plusieurs cantons, communes et villes suisses mettent déjà en œuvre des mesures pour réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain, identifié sur leur territoire. En particulier deux projets aux objectifs similaires du projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre », se sont démarqués au cours de l'étude de terrain : le projet « Cool City », porté par le canton de Genève, et le projet « AcclimataSion », initié par la ville de Sion. Tout comme le projet de Serrières, ces deux projets sont soutenus par la Confédération dans le cadre du Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques de l'OFEV et visent à diminuer les effets du changement climatique sur le milieu urbain à travers des réaménagements ciblés. Plusieurs aménagements à Sion et à Genève ont déjà pu être réalisés. Plus avancés que le projet neuchâtelois, ces deux projets nous éclairent sur les enjeux de la mise en œuvre. Ainsi, une étude comparative pour chacun des deux projets avec le projet de Serrières revêt un intérêt dans le sens que cela permet de comprendre ce qui a bien fonctionné et ce qui a moins bien fonctionné durant la mise en œuvre et d'analyser la nécessité d'éventuelles nouvelles

procédures pour la mise en place et la mise en œuvre des mesures. Ces informations permettent de compléter l'étude de terrain et l'analyse qualitative. En amont de cette étude comparative avec le projet de Serrières, plusieurs critères ont été définis afin de la structurer.

5.6.1. Le projet « Cool City »

Le projet « Cool City », initié dans le cadre du Plan climat cantonal genevois, a pour objectif d'évaluer l'applicabilité et l'efficacité de différents types de mesures (plantations d'arbres, pratiques urbanistiques, etc.) sur l'atténuation des effets des îlots de chaleur et le maintien des îlots de fraîcheur dans le canton de Genève. Ce projet est soutenu par la Confédération dans le cadre du programme pilote d'adaptation aux changements climatiques de l'OFEV.

L'entretien avec Maude Sauvain a servi à comprendre plus précisément les enjeux autour de ce projet. Elle a notamment précisé l'importance du soutien de la Confédération : *« Ça nous a laissé des marges de manœuvre qui étaient, j'ai l'impression, plus facile à mettre en œuvre et à expliquer que si on avait été uniquement dans une échelle de projet cantonale ou communale. Donc, pour moi, le soutien de la Confédération en termes d'image, en termes de projets, en termes de choix me semble assez essentiel. Je ne suis pas certaine qu'on aurait pu faire ou qu'on aurait eu le même suivi sans la Confédération. »* (entretien avec M. Sauvain, 31 mai 2021).

Le projet « Cool City » a pour but d'identifier des mesures permettant d'améliorer la qualité de vie des usagers. Plusieurs projets pilotes sont actuellement menés dans ce cadre, et le projet est en lien avec d'autres projets connexes tels que l'analyse climatique du canton de Genève et les projets « Constellations urbaines vertes » et « Parc en parc ». Ce dernier projet s'inscrit dans le cadre de la mise en œuvre du plan climat cantonal 2030 et plus particulièrement dans la fiche de mesure « Prévenir et lutter contre les îlots de chaleur en milieu urbain » (République et canton de Genève, 22 juin 2021). Une particularité du projet pilote « Cool City » consiste dans le fait qu'il est intégré dans des processus d'aménagement du territoire et d'infrastructures à plusieurs échelles afin de déclencher des expérimentations intégrant les enjeux climatiques. Dans ce sens, plusieurs projets pilotes genevois suivent cette démarche qui vise à faire évoluer les pratiques et œuvrer pour une ville résiliente qui répond aux enjeux climatiques actuels et futurs. Le projet « Cool City » comprend au total six sous-projets, dont deux qui ont posé d'importants jalons en 2021. Deux sous-projets sont particulièrement intéressants :

Le sous-projet « Boissonnas – Espaces Rivière » qui consiste à exploiter une pépinière temporaire dans le cadre du vaste projet urbanistique PAV (Praille Acacias Vernets). Pour ce faire, un parking a été transformé en oasis climatique en intégrant le confort climatique des usagers. Les arbres qui y sont cultivés actuellement seront ensuite plantés définitivement dans le quartier voisin. Ce parc éphémère sert également de base de discussion pour le développement futur de cette zone (NCCS, 2021).



Figure 18: Sous-projet Boissonnas, un parking a été transformé en oasis climatique. (nccs.admin.ch – Image drone, Latitude Durable)

Le sous-projet « Cycle d’orientation Sécheron » qui vise à aménager le préau d’une école secondaire de sorte à faire diminuer la chaleur du lieu durant l’été. Un processus de consultation approfondi auprès de tous les usagers a été organisé. Des premières mesures concrètes ont été réalisées en 2021 (NCCS, 2021).

Pour conclure, les éléments clés du projet « Cool City » peuvent se résumer en trois pôles : 1) une gouvernance adaptée en impliquant de multiples acteurs à des échelles territoriales variées et permettant une coordination transversale, 2) une approche couplant théorie et pratique pour apporter une dimension pragmatique à la démarche et 3) un focus sur le ressenti des usagers dans l’espace public par la mesure de l’effet tangible de la chaleur (République et canton de Genève, 22 juin 2021). Ainsi, le projet « Cool City » vise à atteindre son objectif qui est celui d’identifier les mesures les mieux adaptées afin de réduire l’impact de la chaleur sur les usagers de l’espace public.

5.6.2. Le projet « AcclimataSion »

Le projet « AcclimataSion : un développement urbain adapté aux changements climatiques », est un projet pilote porté par la ville de Sion. Par le biais de ce projet, la ville de Sion s'est engagée pour la réalisation d'aménagements urbains qui donnent la priorité à la végétation et au cycle de l'eau. Les objectifs généraux consistent à diminuer la chaleur urbaine, favoriser la biodiversité et limiter les risques d'inondation (NCCS, 2017).

Au terme du projet pilote en 2016, des résultats concrets sont visibles, notamment le réaménagement du Cours Roger Bonvin, réalisé en 2016. La végétation et l'eau ont été pleinement intégrées dans la conception de l'espace public : 700 érables ont été plantés et ombragent désormais la tranchée couverte de l'autoroute ; une fontaine amène de l'eau et de la fraîcheur (NCCS, 2017).



*Figure 19: Le cours Roger Bonvin a été fortement végétalisé et aménagé pour lutter contre les îlots de chaleur.
(Flurin Bertschinger/Ex-Press/OFEV)*

Ces réaménagements ont permis de revaloriser ce lieu en espace ouvert avec des possibilités d'utilisation attrayantes. Il est désormais agréable d'y passer du temps, même les jours de forte chaleur, grâce à la transformation du revêtement qui était auparavant nu et en grande partie imperméable (OFEV, 2018).

Également dans le cadre du projet « AcclimataSion », le parking imperméabilisé de l'Espace des Remparts a été transformé en une place publique attractive et adaptée à la chaleur (Figure 20). De l'importance a été attribuée aussi bien au placement d'un revêtement perméable et de couleur claire qu'à la plantation d'arbres et de sources d'eau pour lutter contre la chaleur (OFEV, 2018).

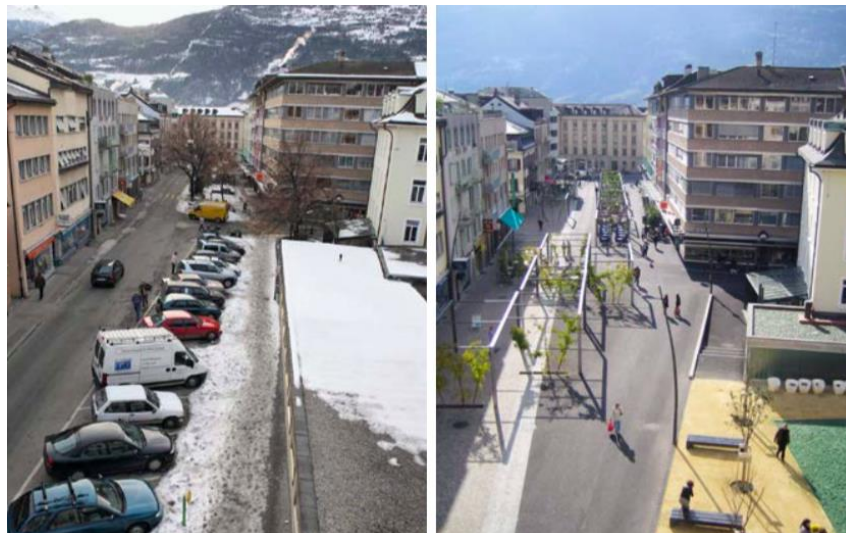


Figure 20: L'Espace des Remparts avant et après la transformation (Ville de Sion)

De plus, deux projets privés (toiture végétale, concept d'aménagements extérieurs, plan d'aménagement extérieur pour un nouveau quartier d'habitation) ont été soutenus financièrement et accompagnés techniquement par la ville de Genève pour montrer des solutions concrètes et inciter les propriétaires à s'engager. Un guide de recommandations à l'attention des propriétaires privés capitalise les actions concrètes à entreprendre. L'administration communale a été sensibilisée, la connaissance des solutions possibles a été renforcée, et la reconnaissance des efforts déjà entrepris a été élargie. La population et les décideurs ont également été sensibilisés aux enjeux climatiques. Enfin, la dynamique lancée par le projet « AcclimataSion » est prolongée dans une perspective de long terme, grâce à une modification des outils d'aménagement du territoire (complément à la stratégie de développement (en projet) ; adoption de lignes directrices politiques pour l'aménagement des espaces publics ; introduction de nouvelles dispositions dans le règlement des constructions (en projet) ainsi que dans les plans de quartier et plans de zone) (OFEV, 2018).

Durant l'entretien avec Lionel Tudisco, il a été question des contraintes à la mise en œuvre du projet « AcclimataSion ». Dans le cadre de ce projet, a également été réalisé le réaménagement de l'Avenue du Midi à Sion qui est devenue piétonne, avec une végétalisation et l'implantation de mobilier urbain dans la rue visant à limiter l'effet d'îlot de chaleur. Ces mesures révèlent une assez grande similarité avec les mesures prévues à la Rue-du-Clos-de-Serrières à Neuchâtel, même si cette dernière est une rue avec des places de parc et ne se trouve pas au centre-ville, comme c'est le cas pour l'Avenue du Midi à Sion. Il était donc question de savoir quelles difficultés se sont manifestées lors de la mise en

œuvre du projet « AcclimataSion » et comment elles ont pu être surmontées par la ville de Sion afin de les mettre en comparaison avec les obstacles au projet de Serrières.

5.6.3. Critères de comparaison

Afin de structurer succinctement cette comparaison des deux projets « Cool City » et « AcclimataSion » au projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre », il fallait définir quelques critères de comparaison pertinents. Tout d'abord, il est à relever que chacun des trois projets comporte des mesures visant à diminuer les effets des îlots de chaleur urbains. Bien que ces mesures puissent certes quelque peu différer entre elles, elles portent toutes sur les stratégies de mitigation des îlots de chaleur urbains et entrent dans une démarche d'adaptation aux changements climatiques.

Contrairement aux mesures d'atténuation qui cherchent à diminuer les causes des changements climatiques, les mesures d'adaptation sont destinées à surmonter les conséquences territoriales de ces changements et peuvent être contrôlées (Thomas et Da Cunha, 2017). Les trois projets en question proposent des mesures d'implantation de végétation, de perméabilisation des surfaces et de travail sur l'ombrage et les sources de fraîcheur. Ainsi, il ne serait pas pertinent de concentrer cette étude comparative sur les types de mesures de réaménagement étant donné qu'elles sont très similaires et visent le même but. De plus, « Cool City » et « AcclimataSion » comportent chacun plusieurs sous-projets pilotes tandis que le projet de Serrières se résume au réaménagement de la rue du Clos-de-Serrières avec son volet d'adaptation aux changements climatiques. De ce fait, cette étude comparative revêt de l'intérêt surtout dans la compréhension des différentes procédures de mise en place et de la création d'éventuels nouveaux procédés.

En se référant aux sous-questions de recherche énoncées dans le chapitre 4.3, les critères suivants ont alors été définis comme les plus pertinents pour la comparaison des trois projets. Ils peuvent être définis tels que :

- Processus de validation et d'acceptation du projet
- Procédure de mise en œuvre des solutions basées sur la nature
- Types de contraintes rencontrées
- Question du besoin de nouvelles procédures ou protocoles

Sur la base de ces critères de comparaison sélectionnés, l'étude comparative n'a pas l'intention d'être exhaustive. Les résultats sont présentés et développés dans le chapitre 6.

5.7. Limites méthodologiques

La limite principale de ce travail et de sa méthodologie réside principalement dans le fait que le projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » a dû faire face à un référendum puis à une votation populaire afin d'être validé définitivement. Ces circonstances ont ainsi retardé de manière considérable la mise en œuvre du projet. Le projet aurait dû être réalisé d'ici la fin de l'année 2021 mais les travaux n'ont pas encore pu commencer. Quand bien même il n'a pas été possible de voir concrètement les aménagements prévus réalisés à Serrières, cela n'impacte pas la pertinence de la problématique.

Une autre limite a été la non-réponse à la demande d'entretien de deux acteurs ayant également un lien avec le projet de Serrières : Mélanie Meier, architecte au Service du développement territorial de Neuchâtel et Pierre-Olivier Aragno, Délégué à l'environnement, à la mobilité et au développement durable à la ville de Neuchâtel. Ces acteurs auraient pu enrichir les informations au sujet du projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » et compléter les données nécessaires à l'analyse. Malgré tout, les nombreux interlocuteurs rencontrés offrent déjà une vision d'ensemble très intéressante et riche des enjeux soulevés par l'adaptation du milieu urbain aux changements climatiques.

6. Résultats

L'analyse qui suit a été effectuée principalement sur la base des données issues des entretiens semi-directifs et de l'étude comparative. Différents thèmes structurent cette analyse. Tout d'abord, l'intégration des solutions basées sur la nature dans la planification urbaine fait face à plusieurs contraintes. Quatre grands types de contraintes ont été identifiées dans ce chapitre. Néanmoins, un grand nombre d'opportunités liées à la mise en œuvre des solutions basées sur la nature persistent.

6.1. Les contraintes à l'intégration des solutions basées sur la nature

Le besoin d'intégrer des solutions basées sur la nature dans la gouvernance et la planification urbaines pour favoriser un développement urbain durable est largement défendue par les organismes universitaires et gouvernementaux. L'intégration du thème de l'adaptation aux changements climatiques dans les politiques territoriales est motivée par la nécessité de remettre en question les idées, les attitudes ou les pratiques courantes et de changer les paradigmes dominants à plusieurs niveaux de gouvernance (Kabisch et al., 2017). « *L'adaptation, ça inclut toutes les mesures qui servent à atténuer les conséquences inévitables du changement climatique. Les mesures d'adaptation, c'est des mesures contre les dangers naturels donc en ville, forcément, c'est souvent les crues ou bien l'imperméabilisation des sols. Les enjeux, c'est aussi la qualité des espaces verts ou bleus aussi tout ce qui est en lien avec l'eau et les îlots de chaleur dans les villes aussi.* » (entretien avec D. Jerjen, 7 avril 2021).

De son côté, Maude Sauvain explique les enjeux climatiques à l'échelle de la ville de Genève : « *De manière générale à Genève, on a identifié que tout le milieu urbain était, de manière assez récurrente, soumise à ce phénomène de îlots de chaleur. On a également identifié la difficulté d'avoir des zones de confort climatique ou des zones de répit en journée où on a la possibilité d'aller chercher du frais. Et inversement, on n'a pas mal de peine à diminuer la température la nuit en période de canicule.* » (entretien avec M. Sauvain, 31 mai 2021). Les facteurs influençant les îlots de chaleur urbains et le ressenti des usagers peuvent être multiples et peuvent s'influencer mutuellement : « *Et ce qu'on a remarqué, c'est qu'il y avait plusieurs facteurs. Ces facteurs sont souvent la combinaison entre le manque de végétalisation, le fait que c'est très minéralisé, avec assez peu de surface de plein de terre et pas forcément beaucoup de gestion des eaux à ciel ouvert. Ce sont les trois facteurs qui influencent assez fortement le ressenti et le confort des usagers de l'espace public.* » (entretien avec M. Sauvain, 31 mai 2021). Le manque de végétation en pleine terre, la minéralité des matériaux et le manque de points d'eau sont donc, selon Maude Sauvain, les

trois facteurs déterminants influençant le phénomène d'îlot de chaleur sous l'angle du confort climatique en milieu urbain. Ce sont des facteurs dits contrôlables, des éléments sur lesquels il est possible d'agir et d'avoir un contrôle. Ils se différencient des facteurs dits incontrôlables influençant les îlots de chaleur urbains, tels que les paramètres climatiques et physiques (rayonnement solaire, radiation, flux de chaleur, humidité de l'air, etc.).

Bien que l'adaptation aux changements climatiques en général et les solutions basées sur la nature en particulier soient largement préconisées par les spécialistes, elles n'ont pas encore été systématiquement intégrées et mises en œuvre dans les projets urbains. La raison est que « *de nombreuses autorités et acteurs locaux se retrouvent souvent mal préparés* » (entretien avec M. Sauvain, 31 mai 2021). Dans la littérature, les principaux types de contraintes à l'intégration et à l'application des solutions basées sur la nature dans le projet urbain sont mentionnées par différents auteurs dont Frantzeskaki et al. (2020) et Kabisch et al. (2016).

6.2. Un manque d'information de la population

Le fait qu'aujourd'hui encore les avantages et potentiel des solutions basées sur la nature ne soient souvent pas assez mis en avant dans la phase de préparation des projets urbains ou alors seulement après leur réalisation, limite non seulement l'adhésion des responsables politiques mais aussi l'acceptation de la part de la population concernée.

Le projet de Serrières le démontre bien, étant donné qu'il a dû faire face à de fortes oppositions puis à un référendum avant d'être finalement accepté, grâce à une communication renforcée des autorités sur ses avantages (Figure 21).

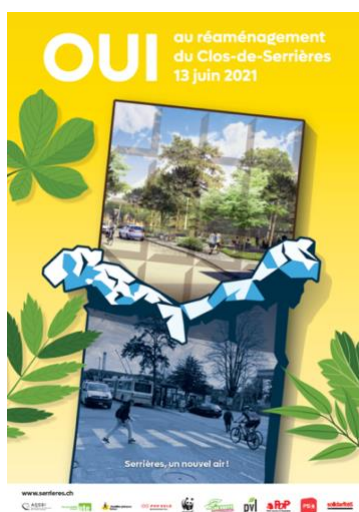


Figure 21: Couverture du dépliant promouvant le oui au référendum. (www.ate-ne.ch/clos-de-serrieres/).

Il s'est ainsi avéré que la population a manqué de connaissances et de confiance dans les solutions basées sur la nature comme complément ou alternative aux infrastructures minéralisées traditionnelles.

Il est donc important que la population concernée par un projet urbain visant à mettre en œuvre des solutions basées sur la nature soit informée et sensibilisée de manière adéquate et à temps sur la plus-value des solutions basées sur la nature. « *Je pense une contrainte, c'est aussi le manque d'information ou manque d'information par rapport aux plus-values. C'est donc important à mon avis d'expliquer aux gens les liens entre les mesures et le climat, par exemple, comment fonctionnent ensemble ces interrelations. Quelles sont les plus-values sur la longue durée ?* » (entretien avec D. Jerjen, 7 avril 2021).

Sur cette question de sensibilisation de la population, Maude Sauvain met l'accent sur l'aspect saisonnier des effets des îlots de chaleur urbains : « *On se rend compte quand même qu'il faut que les gens ressentent la chaleur pour être de plus en plus intéressés à être dans des lieux qui sont agréables. (...) Par exemple tout le mois de mai, on avait plein de séances sur ces questions-là, alors que les gens n'avaient qu'une envie, c'était de s'asseoir au soleil et d'avoir chaud. Donc il y a vraiment un côté saisonnier du sujet qui est quand même assez important. C'est-à-dire que nous, l'hiver, on travaillait un peu discrètement. Et puis, à partir du mois de mars, à chaque fois, on reprenait un peu plus fort parce qu'on sentait que ça devenait de nouveau un sujet.* » (entretien avec M. Sauvain, 31 mai 2021).

Une première mesure que les autorités peuvent entreprendre pour rendre les habitants attentifs au phénomène d'îlot de chaleur urbain est d'effectuer un relevé de chaleur dans les quartiers des villes, de cartographier les lieux touchés, pour rendre les résultats publics. Ce qui a par exemple été fait à Neuchâtel où « *ces petites stations météo sur l'ensemble du territoire de la ville et ces stations nous ont permis de faire des relevés de chaleur qui ont été déjà retranscrits et réinterprétés. On a vu donc vu que même une petite ville comme Neuchâtel qui a un lac et la forêt est soumise à des îlots de chaleur.* » (entretien avec S. Almeida, 18 mars 2021). Ces données ont ensuite été publiées sur le site du SITN mais n'ont peut-être pas été assez communiquées de manière publique. Ce relevé de chaleur peut ainsi être un outil de communication efficace afin de sensibiliser les citoyens et les responsables politiques aux effets des changements climatiques ainsi qu'aux solutions qui se présentent pour y faire face, en contribuant à combler le manque d'information qui existe bien souvent encore à tous les niveaux.

6.3. Des compétences professionnelles nouvelles à assimiler

La formation professionnelle peut également être un frein décisif dans l'adaptation des villes aux changements climatiques car « *dans le monde professionnel ils ne sont pas forcément formés à tous ces aspects de durabilité.* » (entretien avec L. Tudisco, 23 mars 2021). Selon Maude Sauvain, « *c'est un changement radical de pratiques des aménagistes et des architectes d'intégrer des sujets qui ne sont peut-être pas nouveaux en tant que tels, mais la manière dont on les intègre sous l'angle du climat, ça, c'est nouveau.* » (entretien avec M. Sauvain, 31 mai 2021). Elle confirme ainsi le manque d'expérience des services d'urbanisme dans la manière d'intégrer des solutions basées sur la nature dans leurs politiques et leurs processus décisionnels (Frantzeskaki et al., 2020). Dans la pratique « *la formation des professionnels à ces questions-là et le fait de pouvoir leur donner certains outils pour mieux appréhender ce genre de sujet, c'est vrai que c'est important et ce n'est pas toujours évident de les sensibiliser.* » (entretien avec M. Sauvain, 31 mai 2021). Concernant le projet « Cool City », des « *contraintes en termes de suivi au quotidien* » ont été relevées (entretien avec M. Sauvain, 31 mai 2021). Il s'avère ainsi que le besoin d'intégrer des sujets nouveaux comme l'adaptation aux changements climatiques dans les projets urbains amène un changement parfois radical dans les pratiques traditionnelles des aménagistes et des architectes. Il a été constaté dans le cas du projet de Serrières, mais aussi de manière générale, que les corps de métier ont besoin de temps pour s'adapter et intégrer dans leur manière de travailler les nouvelles pratiques. En conséquence, la formation et la sensibilisation des professionnels de la conception urbaine à utiliser de nouveaux outils dans leur travail quotidien, doit être adaptée et intensifiée, car « *la formation et la sensibilisation des concepteurs sur ces questions (règles de l'art, best practices) me semblent plus importantes que créer des lois additionnelles.* » (entretien avec D. Robyr Soguel, 10 mai 2021).

Parmi ces outils peuvent figurer des guides ou lignes directrices, comme celles élaborées par EspaceSuisse. Cette association a pour but de mettre à disposition ses connaissances sur les bénéfices des solutions basées sur la nature afin de favoriser une mise en œuvre maîtrisée des acteurs au niveau cantonal et communal : « *Notre rôle c'est de donner des lignes directrices aux communes et administrations pour qu'elles puissent ensuite mettre ça en œuvre concrètement. EspaceSuisse n'est pas un acteur sur le terrain comme les cantons ou les communes. On assure le transfert du savoir. Alors oui, on accompagne les acteurs, tous ceux qui sont dans l'exécutif.* » (entretien avec D. Jerjen, 7 avril 2021). Soutenu par la Confédération et les cotisations de ses membres, l'association EspaceSuisse encourage en plus la mise en réseau des différents acteurs de l'aménagement du territoire, et est

particulièrement active dans le domaine de la formation et de l'information (espacesuisse, 2021). Par le transfert du savoir et la formation elle contribue à combler des lacunes en matière de connaissances dans les milieux professionnels, lacunes qui sont entre autres à l'origine de difficultés de mise en œuvre des solutions basées sur la nature.

Les projets et les programmes pilotes fournissent un autre outil pour combler les lacunes de connaissances. Les autorités nationales responsables de la promotion du développement durable soutiennent par parrainage les projets pilotes et l'émergence d'idées innovantes au niveau local ou interrégional. C'est l'objectif du programme pilote d'adaptation aux changements climatiques mis en place par l'OFEV. À travers la réalisation de projets concrets, ce programme montre comment la Suisse peut s'adapter concrètement aux changements climatiques (NCCS, 2018). « *Avec ce programme, l'OFEV fait un appel à projets. On a des critères d'évaluation et les projets qui vont dans le sens de l'adaptation aux changements climatiques et qui nous semblent intéressants sont sélectionnés.* » (entretien avec G. Gicquel, 20 août 2020). Néanmoins, il a été constaté que, malgré la mise à disposition de nouveaux outils et le soutien de la part de la Confédération, la mise en œuvre de projets urbains à l'échelle locale reste toujours relativement dépendante de la gouvernance et des acteurs urbains locaux. Cette question est discutée dans le sous-chapitre ci-après.

6.4. Une collaboration insuffisante entre les acteurs publics

Les projets pilotes soutenus par le programme pilote d'adaptation aux changements climatiques de l'OFEV sont conçus de manière transversale, en rassemblant différents secteurs, et sont mis en œuvre de manière décentralisée dans chaque canton (NCCS, 2018). Un développement urbain adapté à la chaleur est une tâche interdisciplinaire conjointe qui ne peut fonctionner que si les différentes disciplines unissent leurs forces à tous les niveaux de planification. Cet objectif doit néanmoins faire face aux changements politiques qui peuvent survenir lors de nouvelles élections à l'échelle communale ou cantonale. En effet, un nouveau gouvernement avec de nouveaux mandats politiques et d'autres objectifs peuvent impacter et parfois freiner les projets en cours.

À cette question politique, s'ajoute la temporalité des projets urbains : « *Le problème c'est qu'on a toujours un temps de retard en aménagement. Comme vous le savez, les réalisations qui sortent de terre maintenant, y compris les espaces publics, sont encore et encore de la génération précédente. Ça veut dire qu'on a des espaces publics aujourd'hui où il y a très peu d'arbres, qui sont très minéraux. Je veux dire, c'est ça le problème, c'est que ces espaces là, dans 20 ans, ça va être des fourneaux. Et ça, c'est un vrai problème.* »

(entretien avec M. Petite, 21 mai 2021). Il existe donc un décalage entre la mise en place d'un projet et le temps jusqu'à la réalisation. Souvent de longues procédures administratives et juridiques sont nécessaires afin de faire accepter un projet tandis que les enjeux politiques peuvent changer en cours de route. Ceci soulève donc la question de la gouvernance mais aussi de la maîtrise d'œuvre du projet et de sa coordination selon Lionel Tudisco : « *Typiquement le Cours Roger Bonvin, c'était hyper intéressant parce qu'on avait une maîtrise totale de l'infrastructure, on était propriétaire du bien-fonds. Ça, c'est aussi une question qu'il faut aborder dès le début. Est ce qu'il faut impliquer des privés pour relancer un projet de réaménagement ou bien on a la maîtrise totale ?* » (entretien avec L. Tudisco, 23 mars 2021).

Cependant, les projets urbains à Sion ont parfois aussi dû faire face à des oppositions, notamment quelques années avant la mise en place du projet « AcclimataSion ». Lionel Tudisco raconte qu'un concours urbanistique effectué en 1998 pour le réaménagement de la place du Midi a déclenché plusieurs oppositions de la part des commerçants concernés par la suppression de places de parc. Les porteurs de projet et le conseil communal de l'époque ont dû alors aller jusqu'au Tribunal Fédéral pour lever les oppositions et finalement n'avoir gain de cause qu'en 2005. Cet exemple montre que souvent de longues procédures administratives et juridiques sont nécessaires afin de faire accepter un projet.

La question du stationnement automobile est un problème qui apparaît dans une grande partie des projets urbains. Ceci peut venir d'un manque de collaboration entre les administrations et d'une gouvernance non-adaptée. En effet, les règlements sur le stationnement peuvent représenter une contrainte pour les projets urbains souhaitant mettre en place des solutions basées sur la nature quand ces règlements exigent une compensation des places de parking, comme le montre l'exemple de la ville de Genève : « *On est obligé aussi quand on construit un quartier, selon un règlement sur le stationnement, d'avoir un certain nombre de places de parking liées au logement ou lié à l'activité qu'on va créer. (...) Ce qui fait que soit on se retrouve avec des places de parking en surface, où on va moins pouvoir planter des arbres ou créer des espaces publics favorables pour les piétons. L'autre possibilité est de libérer l'espace en surface et mettre en souterrain. On va voir du coup ce qu'on appelle de l'urbanisme sur dalle. Donc, on est un petit peu coincé par ces règlements de stationnement.* » (entretien avec M. Petite, 21 mai 2021). Cet exemple montre la persistance de politiques sectorielles où les différents départements et acteurs ne collaborent pas en termes de création de nouvelles politiques intersectorielles globales liées aux solutions basées sur la nature. Adapter les politiques et règlements existants ou en créer de nouvelles demande alors une gouvernance forte pour

favoriser une mise en œuvre plus efficace des solutions basées sur la nature dans les projets urbains.

Le programme pilote d'adaptation aux changements climatiques de l'OFEV fournit un soutien aux projets pilotes qui augmentent la crédibilité politique. Lionel Tudisco parle d'« effet projecteur » de ces projets, « *ça pousse aussi les politiques à se dire tiens, on a envie d'être exemplaire, d'approfondir la question.* » (entretien avec L. Tudisco, 23 mars 2021). Cet « effet projecteur » a ainsi eu à Sion un effet positif sur la mise en place du projet « AcclimataSion »: « *Très rapidement, on a vu que le politique nous soutenait. La mise en place du projet AcclimataSion ne veut pas dire que le politique a été une contrainte.* » (entretien avec L. Tudisco, 23 mars 2021). Lors de la mise en place du projet « AcclimataSion », la stratégie a été de rapidement se départir d'un projet purement lié à l'environnement : « *On voulait que ça soit un projet sociétal qui regroupe toutes les couleurs politiques. C'est pour ça que finalement, on a parlé de dégâts financiers liés au risque climatique, des bienfaits de la qualité de l'air, etc. Donc, on peut dire qu'on touche vraiment tous les partis politiques, toute la population est liée à ce projet-là. Puis, ça a permis aux politiques de se dire que c'est un projet global qui intéresse tout le monde.* » (entretien avec L. Tudisco, 23 mars 2021). Cette stratégie a donc porté ses fruits puisque le projet et ses mesures de mise en œuvre n'ont pas dû faire face à des oppositions et ont rencontré un grand succès.

C'est peut-être ce que les porteurs du projet de Serrières n'ont pas réussi à faire, c'est-à-dire de convaincre la population qu'il s'agit d'un projet d'intérêt global pour tous les partis représentés dans le quartier. Silvia Almeida précise : « *On avait quand même fait beaucoup de participation avec les commerçants ou avec les habitants et personne ne s'est opposé au projet, si ce n'est un habitant qui fait partie justement du parti politique en question, qui a fait le référendum. Je pense que la ville n'a pas été très forte tactiquement.* » (18 mars 2021). Silvia Almeida fait ici référence à une mauvaise gouvernance de la part de la ville de Neuchâtel qui a d'abord présenté un rapport concernant un autre projet urbain visant à supprimer des places de parc, peu de temps avant d'informer sur le projet de Serrières. « *Je pense que tactiquement, comme le rapport du Clos-de Serrières est venu après, ils (les opposants) ont profité que c'était un rapport avec une demande de crédit où on peut lancer un référendum à ce moment-là. Je pense que c'était ça, parce que le projet à Serrières proposait de nouveau la suppression de places de parc.* » (entretien avec S. Almeida, 18 mars 2021).

Ainsi, bien que le programme pilote de l'OFEV fournisse aux projets pilotes une certaine crédibilité politique ainsi qu'un soutien en matière de gouvernance, leur mise en œuvre dépend encore fortement des intérêts locaux parfois divergents et peut être mise à mal par une collaboration insuffisante entre les services administratifs des villes.

6.5. Des contraintes techniques et d'entretien

Dans l'application des solutions basées sur la nature en milieu urbain, des contraintes d'implantation et d'entretien ont également été relevées. En effet, dans le processus de prise de décision en matière de développement urbain, les infrastructures minérales (issues de l'ingénierie traditionnelle) sont souvent encore préférées aux infrastructures vertes (murs et toitures végétalisés, pavés enherbés, micro-forêt urbaine, etc.). Ce statu quo est renforcé par les pratiques courantes de développement urbain qui valorisent, entre autres, l'expertise en ingénierie, les données quantitatives établies et les solutions à objectif unique dont l'efficacité a été prouvée, au détriment de ce qui est perçu comme des avantages à long terme mais plus risqués, comme pour les solutions basées sur la nature (Naturvation, 2021).

Par exemple, pour le choix des revêtements routiers, les solutions nouvelles sont rejetées car pas encore assez testées, comme l'illustre Silvia Almeida : « *Je prends l'exemple d'un enrobé drainant qui est perméable, qui laisse passer l'eau. Et puis, par-dessus, on met un revêtement qui est carrossable, mais qui peut être perméable. Typiquement sur le bas-côté, vous avez des roues de voiture qui font des créneaux et en fait le revêtement est trop mou. Et puis, on voit toutes les traces. Donc, il y a des choses comme ça qu'on doit tester. Puis parfois, ça marche. Parfois, un peu moins.* » (entretien avec S. Almeida, 18 mars 2021). Toutefois, il est reconnu que le fait de désimperméabiliser les surfaces et les sols est une mesure efficace qui diminue l'effet d'îlot de chaleur urbain. En effet, « *les surfaces imperméables dans les centres urbains sont l'une des causes principales aussi bien des concentrations de chaleur que des inondations en cas de fortes pluies. Des désimperméabilisations (partielles), en particulier en combinaison avec la gestion des eaux de pluie, permettent de faire face efficacement à ces problèmes.* » (OFEV, 2018 ; p.60). Dans le cadre des projets pilotes, la phase d'expérimentation permet de tester, rejeter ou valider des mesures techniques, indispensables non seulement à la mise en œuvre du projet, mais aussi à l'entretien des transformations.

La végétalisation, notamment le plantage d'arbres, représente d'autres contraintes techniques et d'entretien. Par exemple, les fosses des arbres plantés en milieu urbain restent généralement peu profondes. En effet, « *quand on construit en souterrain, le*

problème, c'est que si on déborde de l'emprise du bâtiment, on va voir du coup ce qu'on appelle de l'urbanisme sur dalle. On va avoir seulement 3 mètres de terre végétale, donc là, impossible de planter plus qu'un buisson. (entretien avec M. Petite, 21 mai 2021). A cette contrainte s'ajoute la topographie en pente de certaines villes et par conséquent l'écoulement des eaux : « A Neuchâtel, on est dans une ville en pente. Et on a un système géologique karstique qui fait que l'eau, souvent, trouve un chemin pour aller jusqu'au lac. Je prends l'exemple des arbres, l'Avenue des Alpes qui est une rue en pente où on a des arbres avec des fosses pas très conséquentes parce qu'on a un trottoir. S'il y a de l'eau qui vient dans les fosses, elle ne va pas rester longtemps parce qu'on est dans la pente. Et puis aussi, si on est sur du rocher, l'eau va très vite s'écouler. On a souvent quand même recours à des arrosages automatiques pour les arbres les premières années, pour être sûr qu'ils prennent. » (entretien avec S. Almeida, 18 mars 2021). Ceci montre la complexité technique pour qu'un arbre puisse survivre dans un environnement urbain peu accueillant. Les petites fosses ne permettent pas aux racines de se développer complètement et rendent ainsi l'arbre dépendant aux arrosages et à l'entretien.

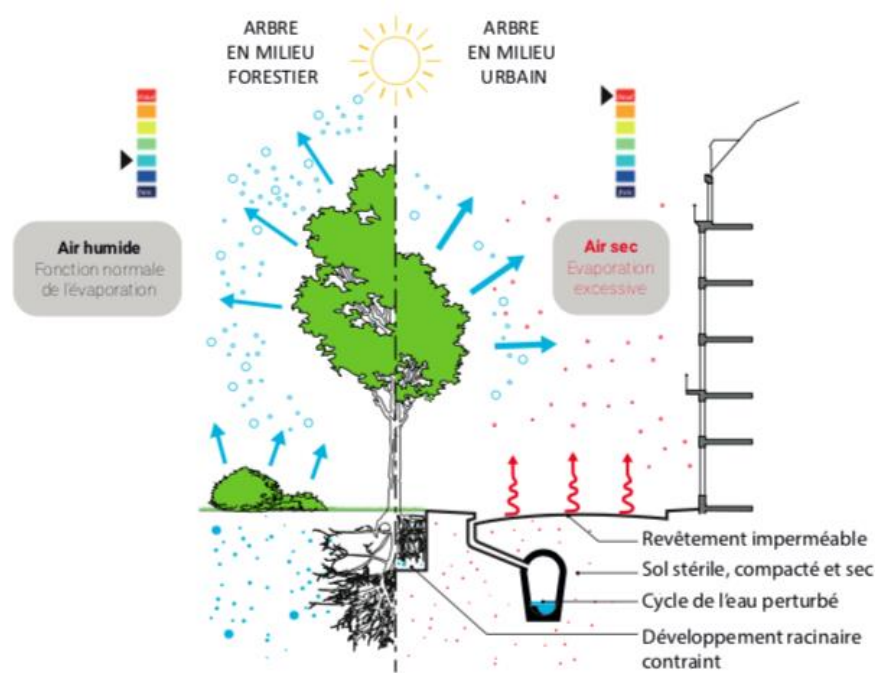


Figure 22: Incidences du microclimat urbain sur le développement des arbres, comparaison avec le milieu forestier, d'après F. Freytet (APUR, mars 2020).

Ces difficultés d'entretien peuvent ainsi représenter un frein à la mise en œuvre des solutions basées sur la nature. Tout d'abord « par rapport à la végétation, je ne sais pas si on arrive toujours à trouver les bonnes essences de plantes, notamment d'arbres, qui peuvent s'autogérer. » (entretien avec S. Almeida, 18 mars 2021). En effet, le choix

d'essences végétales adaptées au changement climatique et aux fortes chaleurs est important pour un développement optimal des végétaux. Si la végétalisation peut répondre à divers enjeux urbains et climatiques, elle pose toutefois des questions en termes d'entretien. Il existe certaines impossibilités techniques, difficultés d'entretiens ou formes végétales qui ne peuvent pas être réellement durables (Vigano, 2019). Mollie (2009) questionne ainsi la façon de végétaliser à tout prix en milieu urbain alors que l'urbanisation n'offre pas les meilleures conditions pour le développement de la végétation, qu'il s'agisse de la quantité de terre, d'espace, d'eau ou de soleil qui lui est allouée. Des réflexions approfondies sur la morphologie urbaine (orientation du bâti, densité), les matériaux (albédo, propriétés thermiques), l'occupation du sol (perméabilité) et la biodiversité locale sont nécessaires afin de lutter contre le phénomène d'îlot de chaleur urbain en général.

En expliquant les enjeux spécifiques liés à la végétalisation, Silvia Almeida précise que nous sommes « *dans une période où des essences exotiques qui n'étaient pas en faveur de la biodiversité ont été implantées.* ». Elle relève l'importance de conserver l'écosystème urbain équilibré en favorisant la biodiversité autochtone : « *Pour moi un écosystème qui fonctionne bien doit aussi pouvoir nourrir les bons insectes. Donc on est en train aussi de regarder quelles sont les essences qui peuvent résister aux nouveaux impacts du climat. Et puis, on a des plantes envahissantes, on a des insectes envahissants, donc je pense que c'est assez complexe et on essaye de trouver la solution qui est la mieux adaptée par rapport à ce système climatique qui est en train d'évoluer.* » (entretien avec S. Almeida, 18 mars 2021).

Concernant l'entretien, notamment le taillage des arbres dans l'espace public, des normes restrictives doivent quelques fois s'appliquer, comme l'explique Silvia Almeida : « *Quand vous avez un train ou un trolleybus à côté d'un arbre, vous devez le tailler. ... Quand on a des caténaires de bus, c'est compliqué de faire pousser des arbres. Avant, les prescriptions pour la taille des arbres étaient moins sévères. Aujourd'hui, ils ont peur qu'une branche tombe sur une des lignes de bus. Les normes sont beaucoup plus restrictives.* » (18 mars 2021). Ces contraintes d'entretien peuvent entraîner des coûts supplémentaires pour les services publics et deviennent ainsi un frein additionnel à la végétalisation des milieux urbains et de surcroît à l'implantation des solutions basées sur la nature dans les projets urbains.

Maude Sauvain expose en d'autres termes cette question de l'opérationnalisation : « *Le souci qu'on a en termes d'entretien c'est qu'à partir du moment où on est dans la planification, la majorité du temps, tout le monde est d'accord. Et puis, à partir du moment où on rentre dans la phase, où on est beaucoup plus en opérationnel, c'est à dire qu'on décide*

qu'est-ce qu'on fait, qui paye, qui entretien, qui fait le suivi ? Là, ça se complique. ». (31 mai 2021). Afin de faciliter l'implantation de végétaux en milieu urbain, il sera donc nécessaire que les normes d'entretien trop restrictives soient adaptées. Silvia Almeida précise ce besoin par le fait que *« un arbre, normalement, il n'est pas fait pour être taillé et devrait pouvoir se développer librement. »*. L'implantation de formes végétales doit ainsi prendre en compte les usages du site en question, l'héritage végétal, les continuités, le choix des essences, les besoins des végétaux, ainsi que l'intégration de tous ces éléments dans les projets de développement territorial.

6.6. Saisir les opportunités liées à la mise en œuvre

Suite à l'identification des limites et contraintes à l'application des solutions basées sur la nature dans les projets urbains, le questionnement demeure : comment intégrer systématiquement l'adaptation climatique et les solutions basées sur la nature dans la gouvernance et la planification urbaines ? Et au final, comment accroître la résilience urbaine de manière durable ?

6.6.1. Le projet pilote comme outil d'expérimentation

Lors des entretiens réalisés, les acteurs impliqués dans les projets pilotes de Serrières, « AcclimataSion » et « Cool City », soutenus dans le cadre du Programme pilote de la Confédération, ont tous souligné les intérêts et les avantages du projet pilote en tant qu'outil. Lionel Tudisco parle de la plus-value du réseautage et de l'échange d'information que le projet pilote a permis : *« Le projet pilote a cette force vraiment de mettre un petit temps d'arrêt dans la vie de la commune, de donner le temps aux services techniques, d'approfondir la thématique, de s'entourer de personnes compétentes. (...) On a vraiment eu plein d'informations qui sont venus de partout, en Suisse aussi, qui ont renforcé notre vision. Je pense vraiment que c'est une très grande force de projet pilote de la Confédération. »* (entretien avec L. Tudisco, 23 mars 2021). Il rajoute que *« le projet pilote nous a permis aussi de comprendre à quoi servait la végétation en milieu urbain autre que les questions de biodiversité et de qualité. Et puis, ça nous a permis aussi d'approfondir vraiment la thématique sur trois, quatre ans. »* (L. Tudisco). Ainsi, un projet pilote cantonal ou communal qui est soutenu par une autorité compétente profite non seulement du réseautage et de l'échange d'information entre différents acteurs compétents par un approfondissement des connaissances, mais reçoit également une certaine légitimité politique tout en gardant une marge de manœuvre nécessaire pour les besoins locaux et une liberté d'expérimentation suffisante.

Maude Sauvain met l'accent sur le fait que le soutien de la Confédération via l'OFEV a été déterminant dans la validation politique du projet « Cool City » à Genève : « *Pour moi, le soutien de la Confédération en termes d'image, en termes de projets, en termes de choix, le fait de faire partie d'un groupe de projets pilotes qui testent des choses, a été essentiel. Je ne suis pas certaine qu'on aurait pu faire ce qu'on fait sans la Confédération* ». (31 mai 2021).

Ensuite, il ressort que le projet pilote permet de tester des mesures et actions concrètes sur plusieurs échelles territoriales et d'analyser leurs effets, comme le décrit Maude Sauvain : « *L'ambition de Cool City, c'était d'avoir plusieurs projets pilotes qui permettent de tester l'intégration de la question du confort climatique dans des espaces ouverts à plusieurs échelles d'aménagement du territoire. (...) Notre idée, c'est de pouvoir avoir un projet pilote qui illustre chaque échelle d'aménagement du territoire. Alors, il ne va pas forcément illustrer que positivement. Ça sera peut-être aussi un retour d'expérience qui dit là, on a tenté ça, (...) nous, on voit que ça ne marche pas. Mais par contre, à la fin, on aura quand même une liste de mesures qu'on a testées et qu'on a mesurées* » (entretien avec M. Sauvain, 31 mai 2021). Le fait de tester différentes nouvelles mesures visant à adapter les milieux urbains aux changements climatiques permet de vérifier lesquelles ont un impact positif sur le confort climatique et lesquelles ne fonctionnent pas comme escompté.

Cette phase d'expérimentation est importante car, sur la base de ses résultats, des mesures concrètes à reproduire sur d'autres emplacements sont ensuite définies et validées. Silvia Almeida parle de la création d'une « boîte à outils ». L'objectif du projet Serrières consiste en effet, à travers la réalisation et l'analyse des actions pilotes, à mettre en place une palette de mesures exemplaires, applicables à l'ensemble de la ville : « *L'idée, c'était que sur la base des projets réalisés, on puisse justement faire une sorte de boîte à outils qui nous permette de savoir qu'est-ce que l'on peut faire dans certains cas et sur la base de ce quartier modèle, entre guillemets, pouvoir le répéter dans d'autres quartiers dans la ville. Et puis, c'est justement un peu là où on en est maintenant, c'est que cette boîte à outils devrait aussi permettre de réviser le plan d'aménagement, qui est en révision.* » (entretien avec S. Almeida, 18 mars 2021). Elle rajoute que « *Ce qui est important aussi, c'est d'avoir des idées dans la planification en sachant vers quoi on veut tendre mais qu'on mette aussi les pieds dans le concret pour savoir si ça a lieu d'être ou pas. Comme ça, on traverse les différentes échelles de planification, de projet, de réalisation.* » (entretien avec S. Almeida, 18 mars 2021).

Les expériences positives faites avec le projet pilote devraient mieux être reconnues par les autorités politiques afin de répondre aux enjeux non seulement locaux, mais globaux du

changement climatique (entretien avec L. Tudisco, 23 mars 2021). Les autorités devraient en tenir compte dans l'élaboration des politiques d'adaptation, en couplant les « horizons d'attente » (visions à long terme) et les « espaces d'expérience » (actions ponctuelles à court terme) (Pinson, 2005).

En outre, par le format du projet pilote en aménagement du territoire et dans le cadre du Programme pilote de la Confédération, la coopération entre les autorités responsables est promue, notamment quand il s'agit de tester, à travers des mesures dans les différents secteurs, quels sont les moyens concrets pour adapter les milieux urbains aux effets du changement climatique. Les autorités sont censées, sur la base des retours des projets pilotes, d'identifier de bonnes pratiques. Ainsi, le projet pilote, par le fait de donner l'opportunité aux différentes autorités responsables de tester des nouveaux aménagements, est un procédé d'expérimentation qui suggère des interventions urbaines ponctuelles et permet d'envisager des solutions localisées pour faire face aux impacts des changements climatiques.

Par conséquent, les résultats des mesures réalisées dans le cadre des projets pilotes mettant en œuvre des solutions basées sur la nature approfondissent non seulement les connaissances des responsables, mais permettent aussi d'accroître leur niveau de sensibilisation aux bénéfices de ces solutions. Finalement, ils permettent aussi aux parties prenantes d'explorer de nouvelles possibilités de collaboration et de gestion des conflits qui peuvent surgir dans le développement urbain, tel le conflit entre la volonté de densifier le milieu bâti et celle d'augmenter les espaces végétalisés.

6.6.2. Les atouts de la collaboration transversale entre acteurs

La collaboration et la coopération entre les différentes autorités et acteurs compétents sont de première importance, comme le dit Mathieu Petite : « *On a besoin de collaboration avec plein d'instances, avec l'université, avec des spécialistes, avec les autres offices compétents.* » (21 mai 2021). La nécessité de « *travailler de manière transversale* » et de « *rassembler les compétences* » est selon lui indispensable pour que les concepteurs urbains réussissent à intégrer de manière durable l'adaptation aux changements climatiques dans le projet urbain. Il ajoute que « *L'enjeu, c'est de bien collaborer avec d'autres offices. Sur la question par exemple de la gestion de l'eau, on a un Office cantonal de l'eau qui est spécialiste là-dedans, donc c'est important d'aller leur demander à quoi doit-on faire attention quand on aménage le territoire en termes d'eau. Et puis, on va poser la même question à l'Office cantonal de l'agriculture et de la nature en posant la question cette fois en termes de*

paysage, en termes de nature, à quoi doit-on faire attention. Et on va faire la même chose avec l'Office cantonal de l'environnement, en termes de biodiversité, etc. C'est pour vous montrer qu'en fait, on ne peut pas travailler en solo et on a besoin des autres gens qui ont d'autres compétences pour pouvoir aborder cette question des solutions basées sur la nature. » (entretien avec M. Petite, 21 mai 2021). Le but est donc de réunir ces différents acteurs afin de rassembler toutes les connaissances et d'explorer les marges de manœuvre possibles. Les expériences des projets à succès démontrent que la prise en compte des avis des différents acteurs, des personnes concernées et des groupes d'intérêt a une influence considérable sur la stratégie à adopter pour la mise en œuvre des projets et de leur succès.

L'exemple du projet « Cool City » fait preuve de cette volonté d'inclure dans l'élaboration du projet urbain de nouveaux groupes d'acteurs et de personnes au niveau de sensibilité aux enjeux climatiques : *« C'était un des objectifs de Cool City, c'était que ce ne soit pas systématiquement les mêmes qui parlent du microclimat urbain, c'est à dire que ça ne soit pas toujours des convaincus comme les ingénieurs de l'environnement ou des géographes. Mais on aimerait que ce soit d'autres types de profils qui intègrent aussi ces questions d'adaptation au changement climatique, qui sont peut-être un peu moins sensibilisés, comme ceux du génie civil. Parce qu'en fait, dans chacun de nos métiers différents, on a des leviers d'action.* » (entretien avec M. Sauvain, 31 mai 2021).

Le même projet montre également que cette volonté des responsables de sensibiliser le corps professionnel et d'autres secteurs aux bénéfices des solutions basées sur la nature commence à porter ses fruits : *« On voit que des métiers comme le génie civil ou ceux qui s'occupent de tout ce qui est des revêtements absorbants et ce genre de choses qui sont très importants en ville, commencent aussi à se questionner sur comment ils peuvent intégrer ces questions d'adaptation aux îlots de chaleur urbains.* » (entretien avec M. Sauvain, 31 mai 2021).

De son côté, Lionel Tudisco indique que le projet « AcclimataSion » a réussi à se départir *« de cette vision purement environnementale qui pourrait connoter un projet de "vert" (...) On voulait que ça soit un projet sociétal qui regroupe toutes les couleurs politiques.* ». Ce projet a ainsi réussi à convaincre une pluralité d'acteurs politiques en les sensibilisant aux enjeux climatiques qui touchent tout le monde. Ce qui a permis, selon Lionel Tudisco, d'éviter un grand nombre d'oppositions et de réaliser les aménagements prévus dans les temps impartis.

La nécessité d'une collaboration transversale n'existe bien sûr pas seulement au niveau local ou communal, mais aussi au niveau régional et européen. Les gouvernements sont de plus en plus reconnus pour leur rôle central dans la protection et la restauration de la nature pour une urbanisation durable, tant en termes de création d'un cadre politique général favorable que de soutien à la génération et à l'échange de connaissances et au renforcement des capacités nouvelles. L'adaptation et la mise en œuvre des solutions basées sur la nature réussies nécessite un environnement politique favorable, propice à la collaboration au niveau local comme au niveau international (Naturvation, 2021).

6.6.3. Comprendre le fonctionnement de la nature en ville

A Sion, les expériences faites dans le cadre du projet pilote ont engendré de nouvelles connaissances, notamment liées aux contraintes d'entretien de la végétation en ville. Lionel Tudisco mentionne que : « *La section jardin de la ville de Sion a toujours de plus en plus de surfaces vertes à entretenir. Donc, l'entretien différencié et le fait de réaliser des projets verts on va dire, qui se rapprochent le plus de la nature, ça demande moins d'entretien. Donc c'est pour ça qu'on arrive à continuer à augmenter un peu notre volume d'espaces à entretenir sans que ça nous génère trop d'entretien.* ». De manière générale, « *il faut comprendre comment la nature fonctionne, s'en inspirer et tirer profit vraiment de ces éléments là pour réaliser des projets de construction.* » (entretien avec L. Tudisco, 23 mars 2021).

Mathieu Petite va dans le même sens, en mettant l'accent sur les nouvelles connaissances qui sont engendrées au cours du projet pilote. Il évoque l'avantage de conserver la végétation existante en l'intégrant de manière durable dans le milieu urbain plutôt que de couper et devoir replanter : « *Ce qu'on est en train, de plus en plus de se dire, c'est que plutôt que de faire des replantations, c'est plutôt mieux de conserver les arbres les plus grands.* » Les responsables ont compris qu'en conservant la végétation et les arbres les plus développés, cela « *crée de l'ombrage important et un rafraîchissement plus important* », grâce à la surface d'ombrage plus importante des arbres (entretien avec M. Petite, 21 mai 2021).

Ce rôle des arbres est donc primordial ; dans le milieu urbain, les sols sont souvent imperméabilisés en raison de la bétonisation, une des mesures centrales d'adaptation aux changements climatiques consiste à augmenter la perméabilité des sols en intégrant davantage de végétation dans les milieux bâtis. La perméabilité permet aux sols d'absorber les eaux et de rejeter de la fraîcheur dans l'air. Ces solutions « *sont primordiales, plus importantes que les solutions dites artificielles. Pour moi, une mesure importante*

typiquement c'est concernant tout ce qui est sous-sol. Plutôt la non utilisation du sous-sol, donc éviter de construire trop en sous-sol, ce qui diminue la perméabilité du sol. (...) Le futur, c'est de ne pas toucher le sous-sol parce que la fonction du sous-sol est tellement importante. » (entretien avec D. Jerjen, 7 avril 2021). L'amélioration de la qualité du sol exige par conséquent la non-utilisation du sous-sol. Dans ce contexte, la notion de pleine terre est de plus en plus utilisée.

Pour conclure, les expériences faites dans le cadre des projets pilotes urbains intégrant l'application des solutions basées sur la nature permettent de renforcer les connaissances spécifiques et, de manière générale, la compréhension de la nature en ville. Ces connaissances sont devenues indispensables pour que les responsables puissent prendre en compte de manière efficace les besoins et le fonctionnement de la nature en ville dans la conception des projets urbains durables.

6.6.4. S'inspirer des bonnes pratiques

En conclusion du chapitre sur les opportunités des solutions basées sur la nature, après avoir fait le point sur le projet pilote comme outil d'expérimentation, l'importance de la collaboration transversale et de la nécessité de générer de nouvelles connaissances, la question se focalise sur l'enjeu suivant : *« Comment réussir à ce que la pratique exemplaire, particulière, ponctuelle, actuelle devienne la norme dans le futur ? »* (entretien avec L. Tudisco, 23 mars 2021).

Au cours des entretiens menés, les responsables des projets pilotes envisagent différentes pistes afin que les bonnes pratiques exemplaires (ou 'best practices') deviennent, dans le futur, la norme dans le projet urbain. Ainsi, dans le cadre du projet « AcclimataSion », un guide contenant des directives d'aménagements extérieurs adaptés aux changements climatiques pour les particuliers a été rédigé. Or, ces directives ne sont pas contraignantes et donc non opposables aux tiers. Bien que pas opposables, elles ont été référencées dans le préavis d'autorisation de construire afin de sensibiliser les propriétaires privés (qui détiennent environ 90% des parcelles de la ville). *« Il y a un fil conducteur qui est maintenu grâce notamment au plan directeur communal qui a été réalisé en 2012. Aujourd'hui, on a remis à jour en 2019 une nouvelle version du plan directeur communal où on essaie d'ancrer une continuité dans la démarche politique pour continuer à avoir une voie qui est cohérente. »* (entretien avec L. Tudisco, 23 mars 2021). En parallèle à la sensibilisation des personnes concernées par les projets urbains, la ville de Sion a décidé de réviser son règlement des constructions afin d'y intégrer des notions d'aménagements extérieurs de type

quantitatif et imposable (taux de surfaces libres de constructions y compris souterraines, nombre d'arbres à planter en fonction de la surface de la parcelle, etc.).

Il existe par conséquent une volonté politique de créer des normes sous forme de guides ou pratique d'information pour la population, sans aller jusqu'à la rédaction de nouvelles bases légales. A Neuchâtel, Dominique Robyr Soguel souligne le fait qu'« *il n'existe pas de base légale cantonale spécifique sur le climat et je ne suis pas persuadée qu'il soit nécessaire d'en créer. Je pense que nous avons tout ce qu'il nous faut en matière de dispositions légales et réglementaires. A travers d'autres législations, de nombreux dispositifs existent déjà permettent de répondre aux différents défis climatiques (à titre d'exemple, loi sur l'énergie, loi cantonale sur l'aménagement du territoire, règlement sur les constructions, loi sur la protection de la nature, loi sur l'agriculture, etc.)* » (entretien avec D. Robyr Soguel, 10 mai 2021).

La piste de diffuser les expériences des projets urbains parmi tous les acteurs concernés est suivie afin de les perpétuer et pour ainsi dire les normaliser. Ce qui est le cas pour le projet de Serrières qui représente la première réalisation de la ville de Neuchâtel pour laquelle l'adaptation au changement climatique constitue un élément central et déterminant (Ville de Neuchâtel, 2020). La ville de Neuchâtel et son Conseil communal se sont donné pour objectif de diffuser les expériences de ce projet pilote parmi les responsables d'autres projets d'aménagement urbain afin de répéter les 'best practices' et de créer en quelque sorte des nouvelles normes de travail. « *L'idée, c'était que sur la base des projets réalisés, on puisse justement faire une sorte de boîte à outils qui nous permette de savoir qu'est-ce que l'on peut faire dans certains cas et sur la base de ce quartier modèle, entre guillemets, pouvoir le répéter dans d'autres quartiers dans la ville. (...) L'idée, ce serait peut-être aussi à travers cette boîte à outils qu'on aurait à l'usage des services, on aurait aussi des nouvelles manières de faire.* » (entretien avec S. Almeida, 18 mars 2021).

Il existe par conséquent à Neuchâtel une volonté politique de lancer, par la diffusion des 'best practices' une nouvelle manière de travailler dans les différents services de la ville et la commune de Neuchâtel. Le rapport du 17 août 2020 du Conseil communal de Neuchâtel concernant le projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » mentionne clairement que la thématique de l'adaptation au changement climatique « *doit également s'implanter dans nos processus de planification, d'aménagement et de développement urbain pour l'ensemble du territoire communal. Au lieu d'aborder le sujet par d'importantes analyses théoriques, la volonté est ici de mettre en œuvre des mesures concrètes avec l'encadrement scientifique et*

technique indispensable pour que la démonstration soit crédible et directement applicable. »
(Ville de Neuchâtel, 2020, p.24).

Cette volonté politique est également signalée par Silvia Almeida qui dit que « *Cette boîte à outils devrait aussi permettre de réviser le plan d'aménagement, qui est en cours de révision. L'idée, c'était vraiment de pouvoir s'appuyer sur la réalisation qu'on menait et de l'intégrer et de pouvoir l'utiliser avec d'autres éléments, bien sûr, mais en tout cas pour tous les aspects climatiques. Tout ça pour avoir, pas seulement des idées de planification, mais aussi des idées déjà concrètes qui ont déjà été testées qu'on puisse ensuite retraduire après dans un article de règlements. »* (entretien avec S. Almeida, 18 mars 2021).

Silvia Almeida va donc plus loin dans la réflexion sur comment relever l'enjeu de faire des 'best practices' une norme dans le projet urbain de demain. Elle propose de retraduire les bonnes pratiques dans des bases légales, sans mentionner pourtant si ces bases légales devraient être rendues contraignantes ou pas.

7. Discussion

7.1. Rappel des objectifs

Le questionnement général de ce travail porte sur la manière dont les solutions basées sur la nature peuvent être intégrées dans les politiques locales d'adaptation aux changements climatiques, tenant compte des enjeux, des opportunités et des contraintes de leur mise en œuvre. Le projet pilote « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » de la ville de Neuchâtel a été choisi comme cas d'étude, vu qu'il représente la première réalisation de la ville pour laquelle l'adaptation aux changements climatiques a été définie comme un élément central et déterminant dès la conception du projet. Actuellement en cours de réalisation, ce projet prévoit des mesures pilotes d'adaptation aux îlots de chaleur urbains. L'étude comparative a permis d'analyser deux autres projets urbains ayant réalisés un certain nombre de mesures d'aménagements, le projet « AcclimataSion » et le projet « Cool City ». Ceci a permis d'avoir un retour sur les aménagements réalisés à Sion et Genève, ce qui n'était pas possible avec le projet de Serrières étant donné que les aménagements n'ont pas encore été réalisés.

Afin de nous aider à répondre à la question générale de recherche, un certain nombre de sous-questions ont été élaborées dans le chapitre 4.2. concernant les politiques communales, les acteurs impliqués, les outils de la mise en œuvre des projets pilotes impliquant des solutions basées sur la nature ainsi que les contraintes et les opportunités concernant la mise en œuvre des solutions basées sur la nature dans les projets urbains.

Dans ce chapitre, il est donc question de répondre à la question générale de recherche, aux sous-questions ainsi que de vérifier les hypothèses de recherche. Puis, les réponses à ces différentes questions sont reprises afin d'entamer une discussion au sujet de la dynamique de l'intégration des solutions basées sur la nature dans le projet urbain d'aujourd'hui.

7.2. Politique climatique : des orientations stratégiques au projet urbain

Tel que relevé dans les résultats, la ville de Neuchâtel et son Conseil communal en tant qu'acteurs institutionnels, privilégient d'inclure la question l'adaptation aux changements climatiques dans des outils stratégiques d'aménagement existants et de diffuser les expériences du projet de Serrières en tant que 'best practices' parmi les responsables d'autres projets d'aménagement urbain. Ceci poursuit l'objectif de promouvoir de nouvelles pratiques de travail, sous forme de guides ou fiches d'information et d'encourager ainsi la mise en œuvre des solutions basées sur la nature dans les projets urbains.

D'une part, il est fondamental d'inclure la thématique de l'adaptation aux changements climatiques dans les outils stratégiques existants d'aménagement du territoire, tels que les planifications directrices. Sur ce point, le canton de Neuchâtel a intégré le thème du climat dans plusieurs fiches de coordination du Plan directeur cantonal neuchâtelois, adopté en 2018. Ces fiches contiennent des objectifs tant d'atténuation que d'adaptation aux changements climatiques. De plus, la mise en place d'un plan climat neuchâtelois révèle une forte volonté politique de mettre en œuvre une vision claire concernant la question climatique au niveau du canton intégrant tous ses services par une approche transversale.

Cependant, il faut souligner que la question climatique doit également reposer sur une base légale au travers d'instruments contraignants tels que le plan général d'affectation (PGA) et le plan d'aménagement local (PAL) afin que les mesures d'atténuation et d'adaptation puissent être mises en œuvre d'une manière efficace. De nos jours, il n'existe en effet pas de cadre juridique contraignant pour la question de l'adaptation climatique à Neuchâtel, de même qu'à Sion ou Genève. Ceci fait écho aux propos de Bertrand et Richard (2015) qui soulèvent le manque d'ancrage légal local des pratiques d'adaptation. Néanmoins, le PDCom et le PAL de Neuchâtel sont actuellement en révision sur la base de la vision d'aménagement « Neuchâtel 2050 ». (Ville de Neuchâtel, 9 mars 2020). Pour rappel, l'un des objectifs principaux du projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » est l'élaboration d'une « *boîte à outils* » de mesures climat devant permettre de contribuer à la révision du PAL.

7.3. Les outils de mise en œuvre

Le format du projet pilote en aménagement du territoire permet de tester, à travers des mesures dans les différents secteurs, quels sont les moyens concrets les plus pertinents pour adapter les milieux urbains aux effets des changements climatiques. Cela favorise ainsi la coopération et la collaboration entre les autorités responsables. Sur la base des retours et les résultats des projets pilotes, les autorités peuvent identifier de bonnes mesures et pratiques. Ainsi, le concept du projet pilote, par le fait de donner l'opportunité aux différentes autorités responsables de tester des nouveaux aménagements durant une phase d'expérimentation, permet aussi aux parties prenantes d'explorer de nouvelles possibilités de collaboration et de gestion des conflits basées sur les problèmes.

A travers son programme pilote d'adaptation aux changements climatiques, l'OFEV promeut cette collaboration transdisciplinaire et nationale entre les autorités en soutenant les projets pilotes prometteurs. Les autorités et municipalités en charge de ces projets peuvent ainsi

bénéficier de la mise en réseau avec les autres acteurs et échanger leurs expériences respectives. Selon les personnes actives dans les projets pilotes, ces échanges dans le cadre du programme pilote permettent de favoriser la transmission des compétences et de créer un terrain fertile pour une mise en œuvre qualitative des projets urbains.

Ces bonnes pratiques identifiées à travers le projet pilote doivent ensuite être validées et inscrites dans les règlements locaux d'aménagement notamment le PDCom et le PAL. Ceci dans le but d'ancrer ces mesures d'adaptation dans les bases légales et d'ainsi promouvoir une continuité dans la démarche politique d'adapter les villes aux changements climatiques. Les 3 projets présentés dans le cadre de ce travail poursuivent cette démarche avec l'objectif d'implanter les procédures et les mesures validées par le projet pilote dans les réglementations locales.

7.4. Les acteurs impliqués dans le processus d'intégration

Les acteurs impliqués dans le processus d'intégration des solutions basées sur la nature dans les politiques locales et la planification urbaine sont issus de différentes disciplines complémentaires.

En effet, il s'agit principalement d'architectes et d'urbanistes travaillant pour les autorités publiques telles que les villes de Neuchâtel, Sion et Genève concernant les trois projets pilotes présentés. Ces autorités deviennent alors les mandants du projet en question et peuvent définir des mandataires tels que des bureaux privés d'urbanisme pour prendre en charge la partie opérationnelle du projet. De plus, des ingénieurs et des experts pour les questions techniques liées à l'implantation des solutions basées sur la nature peuvent être sollicités pour un suivi technique. Les experts externes spécialisés dans les questions d'aménagement du territoire tel que l'association EspaceSuisse jouent également un rôle important dans la transmission des compétences et dans la sensibilisation aux questions d'adaptation climatique.

7.5. Les contraintes et les opportunités

L'analyse des résultats montre que les contraintes à l'intégration et à la mise en œuvre des solutions basées sur la nature dans les projets urbains sont avant tout dues à des lacunes en termes de connaissances et de compétences des acteurs et de gouvernance ainsi qu'à des contraintes techniques.

Tout d'abord, il est compréhensible que les citoyens mal informés ne se sentent pas concernés par les questions de confort climatique en milieu urbain et ne saisissent pas

l'importance des solutions basées sur la nature et leurs bénéfiques. Ceci mène alors à une diminution de leur volonté d'adhésion aux mesures proposées par les autorités et augmente la probabilité d'oppositions. Par conséquent, l'information et la sensibilisation de la population doivent faire partie intégrante de la politique climatique afin d'augmenter la compréhension et faire des personnes concernées des acteurs du projet urbain. Les ateliers participatifs qui ont été mis en place dans le cadre de la mise en œuvre du projet de Serrières ont fait preuve de l'efficacité de cette démarche participative. Il faut cependant concéder qu'il n'est pas toujours possible de réunir tous les acteurs autour d'une table et que par conséquent, l'information et la sensibilisation doit aussi passer par la diffusion d'informations ciblées sur les solutions basées sur la nature (bulletins d'information, conférences, événements éducatifs) et sur les outils permettant de les mettre en œuvre. Des capacités au niveau local peuvent ainsi être créées en mettant à disposition des ressources ciblées pour encourager le sentiment d'appartenance au sein des populations locales, ce qui peut ensuite susciter l'adhésion et la collaboration de la part de la population concernée.

Ensuite, un manque de compétence des services d'urbanisme représente également un frein. Ce manque est dû à l'absence d'expériences des responsables de projet dans la manière d'intégrer des solutions basées sur la nature dans leurs travaux professionnels. Afin de pallier ce manque, des formations ciblées pour renforcer les connaissances spécifiques et la compréhension de la nature en ville sont à prévoir, comme l'échange continu avec d'autres responsables de projet mieux expérimentés, comme cela a été fait dans le cadre du programme pilote de la Confédération. De ce fait, développer le savoir et les compétences des concepteurs de projet et des acteurs politiques favorise une approche réussie. De même que des compétences claires et l'adhésion des décideurs contribuent notablement au succès d'un projet (OFEV, 2018).

De plus, une collaboration insuffisante entre les autorités compétentes peut mener à de longues procédures administratives et juridiques afin de faire accepter un projet tandis que les enjeux politiques peuvent changer en cours de route. Le fait de travailler de manière transversale et de rassembler les compétences des différents acteurs est donc indispensable pour que les concepteurs urbains réussissent à intégrer de manière durable l'adaptation aux changements climatiques et les solutions basées sur la nature dans le projet urbain.

Comme relevé dans l'analyse, le format du projet pilote permet aux autorités de bénéficier d'une phase d'expérimentation des mesures proposées. Ces mesures pilotes, une fois réalisées, peuvent être identifiées comme des bonnes pratiques et ainsi être validées afin d'être normalisées. Ces bonnes pratiques identifiées à travers le projet pilote peuvent

ensuite être inscrites dans la révision des outils légaux existants de l'aménagement du territoire.

Néanmoins, la mise en œuvre des solutions basées sur la nature dans un projet urbain illustre souvent un important déficit de connaissances et de compétences ainsi qu'une gouvernance inadaptée de la part des parties prenantes. Plus précisément, les responsables politiques ainsi que les porteurs de projet peuvent manquer d'informations sur les instruments juridiques et les exigences techniques relatives à la mise en œuvre des solutions basées sur la nature en milieu urbain. En outre, il ressort, qu'en plus de la nécessité d'une révision des outils légaux existants, il existe un réel besoin de collaboration et de coordination renforcée entre tous les acteurs impliqués dans un projet urbain afin de pouvoir le mettre en œuvre efficacement et durablement en y intégrant les solutions basées sur la nature.

Toutefois, ces lacunes en matière de connaissances, de compétences et de gouvernance peuvent être comblées par la mise en place de nouvelles procédures décisionnelles. Ceci implique la création de nouveaux espaces de négociation et de nouveaux modes de communication entre les acteurs. Pour cela, le projet urbain représente un instrument efficace de l'action publique urbaine. Plus précisément, le projet urbain pilote permet de traduire une nouvelle intention politique en appelant à une collaboration entre tous les acteurs de la ville, à tous moments de réflexion et d'intervention. Aux différentes étapes de projet, des démarches participatives qui intègrent les citoyens concernés directement et indirectement, doivent être mises en place pour aboutir à des résultats durables, acceptables pour tous. Ainsi, la participation et l'inclusion de tous les citoyens dans le processus de planification est une étape primordiale dans les projets d'aménagement actuels et permet au projet urbain de proposer et réaliser des mesures pilotes adaptées aux enjeux et aux conditions du terrain en question.

8. Conclusion

De manière générale, ce travail de recherche montre que l'intégration des solutions basées sur la nature dans un projet urbain doit encore faire face à de multiples contraintes. Ces contraintes peuvent être liées à des lacunes de connaissances sur les avantages des solutions basées sur la nature et à un manque de compétences théoriques et pratiques de la part des concepteurs de projet, dû à un manque d'expérience et de formation spécialisée. Une autre contrainte se trouve dans la collaboration insuffisante entre les différentes parties prenantes au sein et en dehors de l'administration communale pour concevoir et mettre en œuvre les solutions basées sur la nature. S'y ajoutent enfin des contraintes techniques liés à l'implantation concrète des solutions basées sur la nature en milieu urbain tel que le choix des revêtements perméables, le plantage d'arbres ou l'écoulement des eaux.

Pour surmonter ces différentes contraintes, une série de mesures de sensibilisation, de coopération et d'adaptation politique pourraient être adoptées. Étant donné l'importance du programme pilote d'adaptation aux changements climatiques de la Confédération pour les projets pilotes présentés dans ce travail, le rôle politique des gouvernements dans la promotion des solutions basées sur la nature doit ensuite être souligné. L'adaptation au changement climatique doit se faire au niveau local, mais aussi au niveau régional et national, sinon européen.

Pour relever ce défi, un nouveau modèle de gouvernance a intérêt à être adopté, dans lequel toutes les parties prenantes d'un projet urbain travaillent ensemble, échangent leurs connaissances et se concertent sur une mise à l'œuvre qui comporte une vision commune et durable des solutions basées sur la nature. Cette gouvernance du changement climatique qui se définit par une approche pluridisciplinaire et transversale des questions concrètes, comme l'entretien et le financement sécurisé des solutions basées sur la nature, est nécessaire pour que le projet urbain soit accepté par tous les acteurs publics et privés concernés et puisse rencontrer un succès. De plus, la formation professionnelle des concepteurs et décideurs est un point décisif. Ainsi, développer le savoir et les compétences des acteurs sur la manière dont les solutions basées sur la nature peuvent systématiquement être intégrées dans les politiques et dans les outils de planification contribue notablement à une mise en place facilitée du projet urbain.

L'importance de la collaboration et de la coordination entre les acteurs a été mentionnée plusieurs fois lors des entretiens semi-directifs. Travailler de manière transversale et rassembler les compétences ont été relevés comme indispensables pour que les concepteurs urbains réussissent à intégrer de manière durable l'adaptation aux

changements climatiques dans le projet urbain. Pour réaliser un tel modèle de gouvernance, les parties prenantes doivent travailler ensemble, établir la confiance et mettre en œuvre un mécanisme approprié pour coordonner le processus et les responsabilités avec une vision à long terme de l'entretien et du financement sécurisé des solutions basées sur la nature. Il est donc important d'appréhender la question climatique par une approche pluridisciplinaire et transversale en prenant en compte les différents intérêts des acteurs publics et privés.

Cependant, l'enjeu principal consiste à ancrer systématiquement, c'est-à-dire à long terme et de manière durable, la thématique des solutions basées sur la nature dans les processus décisionnels des autorités responsables. Ceci passe par la révision et l'adaptation des outils légaux de planification territoriale, des règlements communaux et des plans d'affectation locaux. Dans ce contexte, les personnes interrogées ont mentionné qu'il est primordial de rendre les mesures d'adaptation climatique contraignantes.

Une fois les outils légaux de planification territoriale révisés, les objectifs politiques d'adaptation devraient être appliqués en tant que mesures contraignantes notamment dans les règlements sur les constructions et donc s'appliquer également aux parcelles privées. Dans cette même idée, il serait souhaitable que tous les projets urbains, privés comme publics, soient dans leur phase de conceptualisation systématiquement accompagnés d'une étude climatique et répondent à des critères spécifiques concernant leurs effets thermiques. Les relevés climatiques pourraient guider les responsables du projet notamment sur l'implantation de végétation, les flux d'air, l'orientation du bâti, etc. De ce fait, intégrer des exigences obligatoires dans les politiques et réglementations de planification urbaine, en particulier en incluant des détails concernant la réalisation qualifiée des solutions basées sur la nature, et formalisant la possibilité d'une nouvelle adaptation, en cas de nouveaux besoins, apparaît comme essentiel pour atteindre des objectifs de durabilité urbaine dans un horizon proche.

Non seulement les solutions basées sur la nature devraient être introduites dans les outils légaux existants de planification territoriale, mais elles pourraient également être intégrées à d'autres outils jouant un rôle important dans le secteur du développement urbain, tels que les certifications ou labels de bâtiments écologiques (exemples de labels en Suisse : Minergie-ECO, SNBS). Cette introduction soutiendrait sans doute leur promotion auprès des professionnels dans la planification et la réalisation de certains bâtiments.

De plus, l'amélioration des compétences professionnelles, une meilleure coordination des acteurs dans le domaine des solutions basées sur la nature et du développement urbain, et une meilleure communication sur les bénéfices potentiels des solutions basées sur la nature

pourraient également contribuer à rendre les investissements plus attrayants. L'inclusion de nouveaux acteurs en tant qu'investisseurs privés ou partenaires dans des partenariats public-privé pourrait conduire à une réduction significative des coûts pour les villes dans le financement de la mise en œuvre des solutions basées sur la nature en milieu urbain. Une approche pluridisciplinaire est essentielle pour l'élaboration de politiques d'adaptation aux changements climatiques et d'outils de planification contraignants afin de mettre en œuvre le plus tôt possible une fabrique de la ville intégrant de manière durable les solutions basées sur la nature.

Par la suite, il serait pertinent de développer ce travail une fois les aménagements à Serrières réalisés. En effet, une comparaison entre les mesures prévues dans le projet et les réalisations concrètes peut permettre d'identifier si des ajustements ou modifications lors de la mise en œuvre ont eu lieu et pour quelles raisons.

Pour aller plus loin, il peut être ensuite intéressant de développer cette recherche en intégrant le point de vue d'acteurs supplémentaires ayant des liens avec d'autres projets urbains traitant de l'adaptation aux changements climatiques en Suisse ou ailleurs. Finalement, des études complémentaires sur les solutions basées sur la nature dans le projet urbain pourraient être menées. Quelle est la place des solutions basées sur la nature dans les politiques de telle ou telle ville ? Comment les habitants d'un quartier perçoivent-ils les solutions basées sur la nature ? Autant de questions ouvertes qui pourraient être traitées dans le cadre de futurs travaux.

Bibliographie

Publications scientifiques

Ascher, F. (2013). Les nouveaux principes de l'urbanisme suivi du Lexique de la ville plurielle. La Tour-d'Aigues : Editions de l'Aube.

Anquez, P. et Herlem, A. (2011). Les îlots de chaleur dans la région métropolitaine de Montréal : causes, impacts et solutions. Chaire de responsabilité sociale et de développement durable, UQAM.

Bacqué, M.-H., et Gauthier, M. (2011). Participation, urbanisme et études urbaines : Quatre décennies de débats et d'expériences depuis « A ladder of citizen participation » de S. R. Arnstein. *Participations*, 1(1), 36-66.

Barles, S. (2002). Le métabolisme urbain et la question écologique. *Les Annales de la recherche urbaine*, 92(1), pp. 143-150.

Barles, S. (2010). Écologies urbaine, industrielle et territoriale. Dans O. Coutard et J.-P. Lévy (dir.), *Écologies Urbaines* (pp. 61-83). Paris : Economica.

Bennett, E.M., Cramer, W., Begossi, A., Cundill, G., Díaz, S., Egoh, B.N., Geijzendorffer, I.R., Krug, C.B., Lavorel, S., Lazos, E., Lebel, L., Martín-López, B., Meyfroidt, P., Mooney, H.A., Nel, J.L., Pascual, U., Payet, K., Harguindeguy, N.P., Peterson, G.D., Prieur-Richard, A.H., Reyers, B., Roebeling, P., Seppelt, R., Solan, M., Tschakert, P., Tschardt, T., Turner, B.L., Verburg, P.H., Viglizzo, E.F., White, P.C.L., Woodward, G., (2015). Linking biodiversity, ecosystem services, and human well-being: three challenges for designing research for sustainability. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 14, pp. 76–85.

Bertrand, F. et Richard, E. (2015). La délicate existence locale de l'adaptation aux changements climatiques : avec, sans, ou à côté de l'atténuation. *Développement durable et territoires. Économie, géographie, politique, droit, sociologie*, 6(3).

Blanc, N. (2010). L'habitabilité urbaine. Dans O. Coutard et J.-P. Lévy (dir.), *Écologies Urbaines* (pp. 169- 183). Paris : Economica.

Bonard, Y. et Thomann, M. (2009). La qualité urbaine. *Vues sur la ville* (22), 6.

Bouzou, N. et Marques, C. (2016). Les espaces verts urbains : Lieux de santé publique, vecteurs d'activité économique. Rapport ASTERES pour le compte de l'Union Nationale des Entreprises du Paysage.

Brandt, P., Ernst, A., Gralla, F., Luederitz, C., Lang, D.J., Newig, J., Reintert, F., Abson, D.J. et von Wehrden, H. (2013). A review of transdisciplinary research in sustainability science. *Ecological Economics* 92: pp. 1–15.

Carrus, G., Scopelliti, M., Laforteza, R., Colangelo, G., Ferrini, F., Salbitano, F., Agrimi, M., Portoghesi, L., Semenzato, P. et Sanesi, G., (2015). Go greener, feel better? The positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. *Landsc. Urban Plan.* 134, pp. 221–228.

Combessie, J. (2007). II. L'entretien semi-directif. Dans : Jean-Claude Combessie éd., *La méthode en sociologie*. Paris : La Découverte. pp.24-32.

Da Cunha, A. (2005). Développement urbain durable, écourbanisme et projet urbain : principes stratégiques et démarche. Dans A. Da Cunha, P. Knoepfel, J.-P. Leresche et S. Nahrath éd(s), *Enjeux du développement urbain durable : transformations urbaines, gestion des ressources" et gouvernance* (pp. 175-192). Lausanne : Presses Polytechniques et Universitaires Romandes.

Da Cunha, A. (2009). Introduction : urbanisme végétal et agriurbanisme. La ville entre artifice et nature. *Urbia : les cahiers du développement urbain durable*, (8), pp. 1-20.

Da Cunha, A. (2015). Nouvelle écologie urbaine et urbanisme durable. De l'impératif écologique à la qualité urbaine. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, (65), pp. 5-25.

Dahech, S., Beltrando, G. et Bigot, S. (2005). Utilisation des données NOAA-AVHRR dans l'étude de la brise thermique et de l'îlot de chaleur. Exemple de Sfax (SE tunisien). *Cybergeo: European Journal of Geography*.

Davies, C., MacFarlane, R., McGloin, C. et Roe, M. (2006). Green infrastructure planning guide. Rapport final.

Davies, C., R. Hansen, E. Rall, S. Pauleit, R. Laforteza, Y. De Bellis, A. Santos, et I. Tosics. (2015). *Green infrastructure planning and implementation - the status of European green*

space planning and implementation based on an analysis of selected European city- regions. Commission Européenne, Bruxelles, Belgique.

Deilami, K., Kamruzzaman, M. et Liu, Y. (2018). Urban heat island effect : A systematic review of spatio- temporal factors, data, methods, and mitigation measures. *International journal of applied earth observation and geoinformation*, 67, pp. 30-42.

Desthieux, G. et Joerin, F. (2019, 22 novembre). Projet Goclima.ch : « Gouvernance climatique des villes suisses : vers une amélioration des pratiques institutionnelles et organisationnelles » Panorama des expériences réalisées en Suisse à l'échelle communale (et infracommunale) et pistes d'actions [communication orale]. Conférence centrale 2019 de la FSU. Lucerne.

Dind, J.-P. (2011). *La gestion de projets urbains. Mémento pour la gestion des projets d'aménagements concertés en Suisse romande* (brochure). Université de Lausanne, Faculté des géosciences et de l'environnement, Institut de géographie, Observatoire de la ville du développement durable, Suisse.

Dorst, H., van der Jagt, S., Raven, R., et Runhaar, H. (2019). Urban greening through nature-based solutions—Key characteristics of an emerging concept. *Sustainable Cities and Society*, 101620.

Emelianoff C. (2000). L'écologie urbaine entre science et urbanisme. *Quaderni*, n°43, Écologie urbaine. pp. 85-99.

Emelianoff, C. (2007). La ville durable : l'hypothèse d'un tournant urbanistique en Europe. *L'Information géographique*, 71(3), pp. 48-65.

Ewing, R., Schmid, T., Killingsworth, R., Zlot, A., Raudenbush, S. (2003). Relationship between urban sprawl and physical activity, obesity, and morbidity. *American Journal of Health Promotion*, 18 (1), pp. 47-57.

Fallot J.-M. et Rebetez, M. (2008). Villes et climat. *Vues sur la ville*, 21, 1-7.

Frantzeskaki, N., Vandergert, P., Connop, S., Schipper, K., Zwierzchowska, I., Collier, M. et Lodder, M. (2020). Examining the policy needs for implementing nature-based solutions in cities: Findings from city-wide transdisciplinary experiences in Glasgow (UK), Genk (Belgium) and Poznań (Poland).

Gaston, K. J., Davies, Z. G. et Edmondson, J. L. (2010). Urban environments and ecosystem functions. Dans K. J. Gaston (dir.), *Urban ecology* (p. 35-52). Cambridge: Cambridge University Press.

Gandy, M. (2015). From urban ecology to ecological urbanism : An ambiguous trajectory. *Area*, 47(2), 150- 154.

Grin, C. (2005). Le projet urbain comme méthode participative évolutive. Projection sur le quartier de Bellevaux à Lausanne. *Urbia : les cahiers du développement urbain durable*, 1), pp. 111 - 123.

Gwiazdzinski, L. (2013). De l'hypothèse de réversibilité à la ville malléable et augmentée. Vers un néo- situationnisme. Dans F. Scherrer et M. Vanier (dir.), *Villes, territoires, réversibilités* (pp. 205-219). Hermann.

Hansen, R., N. Frantzeskaki, T. McPhearson, E. Rall, N. Kabisch, A. Kaczorowska, J.-H. Kain, M. Artmann, et S. Pauleit. (2015). The uptake of the ecosystem services concept in planning discourses of European and American cities. *Ecosystem Services* 12 : pp. 228-246.

Hébert, L. (2014). L'Analyse des textes littéraires. Une méthodologie complète. ^[1]_[SEP]

Howard, E. (1998 [1902]). *Garden cities of to-morrow*. London: Swan Sonnenschein & Co. (édition française : Howard, E. *Cités-jardins de demain*. Paris : Sens & Tonka, 1998).

Howard, L. (1833). *The climate of London : deduced from meteorological observations made in the metropolis and at various places around it*. Harvey and Darton.

Hunt, A. et Watkiss, P. (2011). Climate change impacts and adaptation in cities : a review of the literature. *Climatic change*, 104(1), pp. 13-49.

Ingallina, P. (2001). *Le projet urbain*. Paris : Presses Universitaires de France.

Jopp, R., DeLacy, T., et Mair, J. (2010). Developing a framework for regional destination adaptation to climate change. *Current Issues in Tourism*, 13(6), pp. 591–605.

Kabisch, N., Frantzeskaki, N., Pauleit, S., Naumann, S., Davis, M., Artmann, M., Dagmar H., Knapp, S., Korn, H., Stadler, J., Zaunberger, K. & Bonn, A. (2016). Nature-based solutions to climate change mitigation and adaptation in urban areas : Perspectives on indicators, knowledge gaps, barriers, and opportunities for action. *Ecology and Society*, 21(2).

Kabisch N., Korn H., Stadler J., Bonn A. (2017). Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas—Linkages Between Science, Policy and Practice. In: Kabisch N., Korn H., Stadler J., Bonn A. (eds) Nature-Based Solutions to Climate Change Adaptation in Urban Areas. Theory and Practice of Urban Sustainability Transitions. Springer, Cham.

Kowarik, I. (2013). Cities and wilderness. A new perspective. *International Journal of Wilderness*, 19, pp. 32–36.

Laforteza, R., Davies, C., Sanesi, G. et Konijnendijk, C.C. (2013) Green infrastructure as a tool to support spatial planning in European urban regions. *iForest - Biogeosciences and Forestry*, 6 (3), p. 102

Laslaz L., (2012) « acceptation sociale », in Gérardot M. et Prévélakis C. (dir.), *Dictionnaire des conflits*, Atlande, Références, coll. « clefs concours », p. 13-1.

Lawrence, R. (2003). Participation citoyenne pour aménager l'habitat. Dans A. Da Cunha & J. Ruegg (dirs), *Développement durable et aménagement du territoire* (pp. 331-345). Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.

Lizarralde, G., Bornstein, L., Labbé, D., Thomas, I., Davidson, C., Gould, K. et Bryant, C. (2017). Une analyse critique des cadres théoriques. Dans I. Thomas et A. Da Cunha (dir.), *La ville résiliente : Comment la construire ?* (p. 53-67). Gatineau, Canada : Les Presses de l'Université de Montréal.

Maes, J. et Jacobs, S. (2017), Nature-Based Solutions for Europe's Sustainable Development. *Conservation Letters*, 10 : 121-124.

Mangeot, A., Nassopoulos, H. & Colombert, M. (2013). Analyse de la prise en compte de l'adaptation au changement climatique dans les démarches actuelles visant à un aménagement urbain durable. Ecole des Ingénieurs de la Ville de Paris.

Marcus, L., J. Colding, J. (2011). Towards a spatial morphology of urban social-ecological systems. Document présenté lors du 18e séminaire international sur la forme urbaine, la morphologie urbaine et la ville post-carbone 'urban morphology and the post-carbon city', 26–29 Août 2011, Montreal, Canada.

McGinnis, M. D., et Ostrom, E. (2014). Social-ecological system framework: initial changes and continuing challenges. *Ecology and Society*, 19(2).

Mollie, C. (2009). Des arbres dans la ville : l'urbanisme végétal. Actes sud.

Musy, M. (2012). L'étude des microclimats urbains: champ de recherche à l'interface entre climatologie, urbanisme et génie-civil. VertigO-la revue électronique en sciences de l'environnement, (Hors-série 12).

Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108(455), 1-24.

Nuruzzaman, M. (2015). Urban heat island: causes, effects and mitigation measures-a review. *International Journal of Environmental Monitoring and Analysis*, 3(2), 67-73.

Parker, J., et Simpson, G. D. (2020). A Theoretical Framework for Bolstering Human-Nature Connections and Urban Resilience via Green Infrastructure. *Land* 9, no. 8: 252.

Pauleit, S., L. Liu, J. Ahern, et A. Kazmierczak. (2011). Multifunctional green infrastructure planning to promote ecological services in the city. pp. 272-285 in J. Niemelä, editor. *Urban ecology: patterns, processes, and applications*. Oxford University Press, Oxford, UK.

Pickett, S.T.A., Cadenasso, M.L., Childers, D.L., McDonnell, M.J., et Zhou, W., 2015. Evolution and future of urban ecological science : ecology in, of and for the city. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2 (7).

Pinson, G. (2005). Le projet urbain comme instrument d'action publique. Dans P. Lascombes et al. (dir.), *Gouverner par les instruments* (p. 199 à 233). Paris : Presses de Sciences Po.

Quenault, B. (2013). Retour critique sur la mobilisation du concept de résilience en lien avec l'adaptation des systèmes urbains au changement climatique. *EchoGéo*, (24).

Quivy, R. et Van Campenhoudt, L. (2006). *Manuel de recherche en sciences sociales* (3ème éd.). Paris : Dunod.

Ramyar, R., Ackerman, A. et Johnston., D. M. (2021) Adapting cities for climate change through urban green infrastructure planning, *Cities*, Volume 117.

Raymond, C. M., Frantzeskaki, N., Kabisch, N., Berry, P., Breil, M., Razvan Nita, M., Geneletti, D. et Calfapietra, C., (2017). A framework for assessing and implementing the co-

benefits of nature-based solutions in urban areas, *Environmental Science & Policy*, Volume 77, pp. 15-24.

Rizwan, A. M., Dennis, L. Y. et Chunho, L. I. U. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, 20(1), pp. 120-128.

Salomon Cavin, J. (2005). *La ville, mal-aimée : représentations anti-urbaines et aménagement du territoire en Suisse : analyse, comparaisons, évolution. Logiques Territoriales*, PPUR presses polytechniques.

Signarbieux, C. et Rebetez, M. (2019). Analyse des températures estivales en ville de Neuchâtel Programme pilote de la Confédération Adaptation aux changements climatiques Projet "Serrières, vers une fraîcheur de vivre". Institut de géographie, Université de Neuchâtel.

Stewart, I. D. (2011). A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. *International Journal of Climatology*, 31(2), 200-217.

Stewart, I. D. et Oke, T. R. (2012). Local climate zones for urban temperature studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879-1900.

Thomas, I. et Da Cunha, A. (2017). *La ville résiliente : Comment la construire ?* Gatineau, Canada : Les Presses de l'Université de Montréal.

Vigano, P. (2019, 22 novembre). Adaptation au changement climatique dans la Ville territoire [communication orale]. Conférence centrale 2019 de la FSU. Lucerne.

Wu, J. (2014). Urban ecology and sustainability: The state-of-the-science and future directions. *Landscape and Urban Planning*, 125, 209-221.

Zhou, D., Xiao, J., Bonafoni, S., Berger, C., Deilami, K., Zhou, Y., Froking, S., Yao, R., Qiao, Z. et Sobrino, J. (2019). Satellite remote sensing of surface urban heat islands: progress, challenges, and perspectives. *Remote Sensing*, 11(1), p. 48.

Actes législatifs, règlements et rapports

Cohen-Shacham, E., Walters, G., Maginnis, S., & Janzen, C. (eds.) (2016). *Nature-based Solutions to address global societal challenges*. Gland: IUCN.

Constitution de la République et Canton de Neuchâtel du 24 septembre 2000 (Etat du 1

janvier 2018). FF 2001 2367.

IPCC. (2007). *Climate Change 2007 : Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, van der Linden PJ, Hanson CE (Cambridge Univ Press, Cambridge, UK).

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full.pdf

Loi fédérale sur l'aménagement du territoire du 22 juin 1979 (Etat du 1 janvier 2019), RS 700.

Loi fédérale sur la réduction des émissions de CO² du 8 octobre 1999 (Etat le 1 mai 2012), RS 641.75.

Loi sur l'action publique en vue d'un développement durable (Agenda 21) du 31 octobre 2006, RSN 805.7.

Nations Unies. (1992). *Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convfr.pdf>.

NCCS (éd.) 2018 : CH2018 - scénarios climatiques pour la Suisse. National Centre for Climate Services, Zurich.

OFEV (2015). *Adaptation aux changements climatiques. Stratégie du Conseil fédéral : enjeux pour les cantons*. www.bafu.admin.ch/uw-1509-f

OFEV (éd.) 2018 : *Quand la ville surchauffe. Bases pour un développement urbain adapté aux changements climatiques*. Office fédéral de l'environnement, Berne. *Connaissance de l'environnement*, No 1812 : 109 S.

Ordonnance sur la réduction des émissions de CO₂ du 30 novembre 2012 (Etat le 10 février 2021), RS 641.711.

République et canton de Neuchâtel. (2018). *Plan directeur cantonal*. https://sitn.ne.ch/web/diffusion/sat/PDC_Dossier_complet.pdf.

Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2009. *Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation: report of the Second Ad Hoc Technical Expert Group on Biodiversity and Climate Change*. Montréal, Québec, Canada.

Signarbieux, C. et Rebetez, M. (2019). Analyse des températures estivales en ville de Neuchâtel. Programme pilote de la Confédération Adaptation aux changements climatiques Projet "Serrières, vers une fraîcheur de vivre". Faculté des Lettres et Sciences humaines, Université de Neuchâtel.

Ville de Neuchâtel (2017, 24 avril). Rapport du Conseil communal au Conseil général concernant la politique en faveur de la biodiversité, le programme «Nature en ville» et la Commission nature et paysage. https://www.neuchatelville.ch/fileadmin/sites/ne_ville/fichiers/Rapport_Nature_en_Ville.pdf

Ville de Neuchâtel (2019, 6 mars). Présentation publique. https://www.neuchatelville.ch/fileadmin/sites/ne_ville/fichiers/Participer/Remenagement_Serrieres.pdf.

Ville de Neuchâtel (2020, 9 mars). Rapport d'information du Conseil communal au Conseil général concernant la vision d'aménagement de la ville et la révision du plan directeur communal. https://www.neuchatelville.ch/fileadmin/sites/ne_ville/fichiers/votre_commune/cg_rapports_objets/20-013_Rapport_concernant_la_vision_d_aménagement_de_la_ville_et_la_revision_du_plan_directeur_communal_avec_annexes.pdf.

Ville de Neuchâtel (2020, 17 août). Rapport du Conseil communal au Conseil général concernant le réaménagement du Clos-de-Serrières et le projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre ». https://www.neuchatelville.ch/fileadmin/sites/ne_ville/fichiers/votre_commune/cg_rapports_objets/20-020_Rapport_concernant_le_reamenagement_du_Clos-de-Serrieres_et_le_projet_Serrieres_vers_une_fraicheur_de_vivre.pdf.

Sites internet

Adaptabilité, adaptation—Géoconfluences. (s. d.). [Terme]. *Geoconfluences.ens-lyon.fr*
Repéré à : <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/adaptabilite-adaptation> (consulté le 29.11.2020).

Atelier parisien d'urbanisme APUR (mars 2020). *Atténuer les îlots de chaleur urbains : Méthodes et outils de conception des projets* - Cahier n.5. <https://www.apur.org/fr/nos-travaux/attenuer-ilots-chaleur-urbains-cahier-5-methodes-outils-conception-projets>. (consulté le 7.05.2021).

EspaceSuisse, association pour l'aménagement du territoire (2021). Engagement. [espacesuisse.ch](https://www.espacesuisse.ch/fr/association/engagement). Repéré à : <https://www.espacesuisse.ch/fr/association/engagement> (consulté le 11.10.2021).

Institut Paris Région. (mars 2021). La pleine terre : nécessité d'une définition partagée dans les PLU. [Institutparisregion.fr](https://www.institutparisregion.fr) Repéré à : https://www.institutparisregion.fr/fileadmin/NewEtudes/000pack2/Etude_2577/NR_884_web.pdf (consulté le 12.10.2021).

Naturvation. (2021). NATURVATION 2017-2021. [Naturvation.eu](https://naturvation.eu). Repéré à <https://naturvation.eu/about> (consulté le 24.05.2021).

National Centre for Climate Services. (2017, 13 octobre). Projet pilote adaptation aux changements climatiques «ACCLIMATASION: un développement urbain adapté aux changements climatiques». [nccs.admin.ch](https://www.nccs.admin.ch). Repéré à : <https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/mesures/pak/pilotprogramm-anpassung-an-den-klimawandel2/programme-pilote-adaptation-aux-changements-climatiques/projets-pilotes-adaptation-aux-changements-climatiques--cluster-2/projet-pilote-adaptation-aux-changements-climatiques--acclimatas.html> (consulté le 3.09.2021).

National Centre for Climate Services. (2018, 12 février). Organisation décentralisée et transversale. [nccs.admin.ch](https://www.nccs.admin.ch). Repéré à : <https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/mesures/pak/pilotprogramm-anpassung-an-den-klimawandel1.html> (consulté le 14.09.2020).

National Centre for Climate Services. (2019, 15 août). A.11 Serrières, vers une fraîcheur de vivre. [nccs.admin.ch](https://www.nccs.admin.ch). Repéré à : <https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/massnahmen/pak/projektephase2/pilotprojekte-zur-anpassung-an-den-klimawandel--cluster--umgang/a-11-serrieres-unterwegs-zu-neuer-frische.html> (consulté le 27.05.2020).

National Centre for Climate Services. (2021, 31 août). Rafraîchir la ville : les jalons sont posés. [nccs.admin.ch](https://www.nccs.admin.ch). Repéré à : https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/nouvelles-et-evenements/newsdetail.html/fr/nccs/2021/08/cool_city_meilensteine.html (consulté le

30.11.2021).

OFEV (Office fédéral de l'environnement). (2019, 4 septembre). Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques : 50 nouveaux projets sur orbite. *www.bafu.admin.ch*. Repéré à : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/dossiers/magazine2019-3-50-nouveaux-projets-sur-orbite.html> (consulté le 25.10.2021).

République et canton de Genève. (22 juin 2021). Cool City. *ge.ch*. Repéré à <https://www.ge.ch/cool-city> (consulté le 13.08.2021).

République et canton de Neuchâtel. (2021a). Plan climat cantonal. *ne.ch*. Repéré à : <https://www.ne.ch/autorites/DDTE/agenda21/Pages/Plan-climat.aspx> (consulté le 13.10.2021).

République et canton de Neuchâtel. (2021b). Volet opérationnel – Fiches de coordination. *ne.ch*. Repéré à : <https://www.ne.ch/autorites/DDTE/SCAT/pdc/Pages/Volet-op%c3%a9rationnel---Fiches-de-coordination.aspx> (consulté le 11.10.2021).

République et canton de Neuchâtel. (2021c). Agenda 21. *ne.ch*. Repéré à : <https://www.ne.ch/autorites/DDTE/agenda21/Pages/Accueil.aspx> (consulté le 7.12.2021)

Ville de Neuchâtel. (2021, 13 juin). Communiqué de presse. Le Conseil communal se réjouit de pouvoir concrétiser les aménagements prévus au Clos-de-Serrières. Repéré à : https://www.neuchatelville.ch/fileadmin/sites/ne_ville/fichiers/presse/communiqués_presse/imported/2021/Communique_oui_Clos-de-Serrieres.pdf (consulté le 4.08.2021).

Articles de journaux

Quartier de qualité (2020, 9 septembre). *Vivre la ville*. p. 3. Neuchâtel, Suisse.

Tables des illustrations

Figures

Figure 1: Synthèse des changements climatiques observés en Suisse depuis le début des mesures (MétéoSuisse).	11
Figure 2: Nombre de jours tropicaux (température ≥ 30 °C) à Sion. (MétéoSuisse).....	12
Figure 3: Schéma des 4 principes fondateurs (Ville de Neuchâtel, 9 mars 2020).....	19
Figure 4: <i>Cité Carl-Vogt, Genève (IAUG, 2006)</i>	21
Figure 5: Rue des Usines, Serrières, Neuchâtel (www.cbmm.ch)	22
Figure 6: Le port de Neuchâtel (thevalmen.com/beaulac/).	22
Figure 7: Avenue du Bietschhorn, Sion (OFEV, 2018).....	22
Figure 8: Avenue Ernest Pictet, Genève (www.skyflor.ch).	22
Figure 9: Illustration d'une courbe de température (APUR, 2020).....	23
Figure 10: Le toit végétalisé de l'Office fédéral de la statistique à Neuchâtel (D. Marchon dans ArclInfo, 2019).	33
Figure 11: Périmètre du projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre ». Source : Ville de Neuchâtel (2020, 17 août).....	50
Figure 12: La rue du Clos-de-Serrières en 2020. (SP-Ville de Neuchâtel).....	51
Figure 13: Évolution de la température à Neuchâtel lors de la journée la plus chaude de l'année 2018 (5 août) pour différents types de station. (Signarbieux et Rebetez, 2019).	52
Figure 14: Aménagement actuel de l'espace qui accueillera la future place du quartier. (SP-Ville de Neuchâtel)	53
Figure 15: Plan de la nouvelle place du quartier de Serrières. Source : Ville de Neuchâtel (2020, 17 août).	53
Figure 16: Image de synthèse de la nouvelle place du quartier. (Ville de Neuchâtel, 2020, 17 août).....	54
Figure 17: Image de synthèse du nouveau terminus de la ligne 102. (Ville de Neuchâtel, 2020, 17 août).	55
Figure 18: Sous-projet Boissonnas, un parking a été transformé en oasis climatique. (nccs.admin.ch – Image drone, Latitude Durable)	57
Figure 19: Le cours Roger Bonvin a été fortement végétalisé et aménagé pour lutter contre les îlots de chaleur. (Flurin Bertschinger/Ex-Press/OFEV)	58
Figure 20: L'Espace des Remparts avant et après la transformation (Ville de Sion)	59
Figure 21: Couverture du dépliant promouvant le oui au référendum. (www.ate-ne.ch/clos-de-serrieres/).	63

Figure 22: Incidences du microclimat urbain sur le développement des arbres, comparaison avec le milieu forestier, d'après F. Freytet (APUR, mars 2020).....	70
--	----

Tableaux

Tableau 1: Objectifs d'atténuation et d'adaptation du plan directeur cantonal neuchâtelois.	17
Tableau 2: Types de structures urbaines influençant le climat urbain (Erellet al., 2011 dans Forman, 2014).....	22
Tableau 3: Catégories et exemples des différentes approches de solutions basées sur la nature. (Cohen-Shacham et al., 2016).	34

Annexes

Guide d'entretien n°1

Silvia Almeida, Architecte au Service de l'aménagement urbain de la ville de Neuchâtel, chargée du projet « Nature en ville » à la ville de Neuchâtel, 13.03.2021

1. Présentation du contexte de ma recherche
2. Présentation de l'interlocuteur
 - a. Pouvez-vous me décrire votre poste et votre rôle dans votre institution ?
 - b. Quelles sont vos implications dans le projet « Serrières, vers une fraîcheur de vivre » ?
 - c. Quelles sont vos implications dans les politiques climatiques (et de végétalisation) de la ville de Neuchâtel ?
 - d. Faites-vous partie du groupe de travail « Nature en ville » ? Qu'est-ce que cela implique ?
3. Situation générale au Clos-de-Serrières et changements climatiques
 - a. Pouvez-vous me donner une définition de l'adaptation au changement climatique ?
 - b. De manière générale à la rue du Clos-de-Serrières, quels sont les enjeux que vous percevez en termes d'adaptation aux changements climatiques ?
 - c. Qu'est-ce que vous préconisez face aux défis d'adaptation aux changements climatiques de manière générale ?
4. Organisation projet
 - a. Quelle est l'importance du volet « Adaptation aux îlots de chaleur urbain » dans le projet général de réaménagement pour Serrières ?
 - i. Cet aspect fait-il partie intégrante du projet pour la rue du Clos-de-Serrières ou risque-t-il d'être abandonné ?
 - b. Y'a-t-il un organigramme des acteurs du projet ?
 - i. Qui sont les différents groupes de travail ?
 - c. Quel y est le rôle des exécutifs locaux ? (Conseil général, communal, etc.)
 - d. Un cahier des charges a-t-il été mis en place ?
5. Ilots de chaleur et actions pilotes
 - a. Est-ce que des espaces ont été identifiés comme étant problématiques en termes d'îlots de chaleur urbain dans le quartier de Serrières ?
 - b. Comment les objectifs du projet ont-ils été identifiés et fixés ?
 - c. Les mesures prévues dans le projet Serrières sont qualifiées « d'actions pilotes » → Sont-elles suffisantes selon vous ?
6. NBS
 - a. Connaissez-vous le concept des nature-based solutions ? Comment les définissez-vous ?
 - b. Qu'impliquent-elles selon vous ?
 - i. Quelles sont les valeurs associées ?
 - c. Les NBS sont-elles centrales dans un projet d'adaptation aux CC ?
 - d. A votre avis, peut-on qualifier les actions pilotes à Serrières de NBS ?
 - e. Quelles seraient des actions pertinentes pour mettre en œuvre les NBS ?
 - i. (Exemples concrets ?)
 - f. Quelles peuvent être les contraintes à la mise en œuvre de NBS ?

7. Mise en œuvre des mesures
 - a. Les outils existants de la politique communale ont-ils été suffisants ou ont-ils nécessité une adaptation afin de mettre sur pied le projet ? (manque de mesures contraignantes au niveau de l'adaptation au CC ?)
 - b. Quel est le processus défini pour la mise en œuvre de ces actions pilotes ?
 - c. Comment les processus sont-ils établis pour un engagement pluridisciplinaire ?
 - d. Quelles contraintes se manifestent ?
 - e. Comment les NBS sont-ils mis en œuvre parallèlement aux solutions grises ?
8. Implication autorités
 - a. Le soutien de l'OFEV a-t-il aidé à l'avancée et l'acceptation du projet ?
 - b. Le projet a été accepté très majoritairement par le conseil communal, y'a-t-il eut néanmoins des oppositions ?
 - i. Si oui, en quoi consistaient-elles ?
9. Référendum
 - a. La suppression des places de parc fait-elle partie intégrante du projet général pour la rue du Clos-de-Serrières ou seulement du volet Adaptation aux IUC ?
 - b. Suite au référendum, une discussion avec le comité référendaire est-elle envisagée ?
 - c. Des mesures du projet à Serrières risquent-elles d'être adaptées ou supprimées ?
 - d. Des mesures modifiées/atténuées seraient-elles encore efficaces pour répondre aux enjeux des îlots de chaleur urbain et du changement climatique ?

Guide d'entretien n°2

Lionel Tudisco, responsable urbaniste à la ville de Sion, 23.03.2021

1. Présentation du contexte de ma recherche
 - a. Sujet : traduction des NBS dans le projet urbain
 - b. Étude comparative entre le projet Serrières et le projet AcclimataSion, Quelles ont été les contraintes à la mise en œuvre de ce projet à Sion (notamment l'aménagement de la rue du Midi et le Cour Roger Bonvin) ?
2. Présentation de l'interlocuteur
 - a. Pouvez-vous me décrire votre poste et votre rôle dans votre institution ?
 - b. Quelles ont été ou quelles sont vos implications dans le projet AcclimataSion ?
 - c. Quelles sont vos implications dans les politiques climatiques et les politiques de végétalisation de la ville de Sion ?
3. Situation générale à Sion et changements climatiques
 - a. Pouvez-vous me donner une définition de l'adaptation au changement climatique ?
 - b. De manière générale dans le centre-ville de Sion, quels sont les enjeux que vous percevez en termes d'adaptation aux changements climatiques ?
 - c. Qu'est-ce que vous préconisez face aux défis d'adaptation aux changements climatiques de manière générale ?
4. Organisation projet
 - a. Comment le thème « Adaptation aux ilots de chaleur urbain » a-t-il pu être mis au centre du projet AcclimataSion ? Volonté politique ou de la population ?
 - b. Y'a-t-il un organigramme des acteurs du projet ? Qui sont les principaux acteurs ?
 - c. Quel a été le rôle des exécutifs locaux dans la mise en place du projet ? (Conseil communal, exécutif etc.)
 - d. (Un cahier des charges a-t-il été mis en place ?)
5. Ilots de chaleur et actions pilotes
 - a. Est-ce que des espaces ont clairement été identifiés comme étant problématiques en termes d'ilots de chaleur urbain dans la ville de Sion ? Lesquels et comment ?
 - b. Comment les objectifs du projet ont-ils été identifiés ?
 - c. Les mesures du projet AcclimataSion sont-elles qualifiées « d'actions pilotes » ? Sont-elles suffisantes pour s'adapter au CC et ses effets prévus ? ou peut-être pas assez efficaces ?
6. NBS
 - a. Connaissez-vous le concept des nature-based solutions ? Comment les définissez-vous ?
 - b. Qu'impliquent-elles selon vous ? Quelles sont les valeurs associées ?
 - c. Les NBS sont-elles centrales dans un projet d'adaptation aux CC ?
 - d. A votre avis, peut-on qualifier les actions mises en place à Sion de NBS ?
 - e. Quelles seraient des actions pertinentes pour mettre en œuvre les NBS ?
7. Mise en œuvre des mesures et résultats

-
- a. Les outils existants de la politique communale ont-ils été suffisants ou ont-ils nécessité une adaptation afin de mettre sur pied le projet ? (manque de mesures contraignantes au niveau de l'adaptation au CC ?)
 - b. Quelles ont été les contraintes (légales, économiques,...)
 - c. Les objectifs initiaux ont-ils été remplis et/ou adaptés?
 - d. Où en est le programme ? Quelles sont les éléments réalisés, ceux qui sont en cours et ceux qui sont encore à réaliser?
8. Implication autorités
- a. Le soutien de l'OFEV a-t-il aidé à l'avancée et l'acceptation du projet ?
 - b. Le projet a-t-il eut des oppositions ? Si oui, lesquelles et pour quelles raisons ?
9. Comparaison projet Serrières
- a. Connaissez-vous le projet Serrières, vers une fraîcheur de vivre ?
Les mesures envisagées sont comparables à ce qui a été fait à Sion. Mais projet bloqué pour l'instant.
 - b. Quel est le conseil que vous auriez pour les autorités à mettre en place un projet de la sorte ?

Guide d'entretien n°3

Dominique Robyr Soguel, cheffe de service adjointe de la section planification cantonale du canton de Neuchâtel, 10.05.2021

1. Présentation du contexte de ma recherche
2. Présentation de l'interlocuteur
 - a. Pouvez-vous me décrire votre poste et votre rôle dans votre institution ?
 - b. Quelles sont vos implications dans les politiques climatiques et les politiques de végétalisation du canton de Neuchâtel ?
 - c. Avez-vous des implications dans les politiques climatiques et les politiques de végétalisation des principales villes du canton ?
 - d. Que pensez-vous du Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques de l'OFEV ? Qu'en tirez-vous pour l'instant ?
3. Situation générale à Neuchâtel et changements climatiques
 - a. Pouvez-vous me donner une définition de l'adaptation au changement climatique ?
 - b. De manière générale à Neuchâtel/Serrières, quels sont les enjeux que vous percevez en termes d'adaptation aux changements climatiques ?
 - c. Qu'est-ce que vous préconisez face aux défis d'adaptation aux changements climatiques de manière générale ?
4. Politiques climatiques
 - a. Selon vous, quelles sont les thématiques prioritaires dans une politique climatique cantonale ?
 - b. Quelle est l'importance de l'adaptation aux îlots de chaleur urbain » dans les politiques climatiques du canton de Neuchâtel ?
 - c. Quels sont les instruments formels (lois, règlements etc.) de la politique de l'aménagement du territoire concernant la problématique des îlots de chaleur urbains dans le canton de Neuchâtel ?
 - d. Et les instruments « informels » ? (Protocoles ad hoc/basé sur les problèmes, nouveaux protocoles décisionnels)
 - e. Une scientifique (Emelianoff) a dit en 2007 que les cadres réglementaires et politiques sont souvent inadaptés aux problématiques urbaines et environnementales actuelles. Qu'en pensez-vous ?
 - f. Bertrand et Richard (2015) énoncent eux que les stratégies d'atténuation sont relativement présentes dans les politiques énergétiques locales néanmoins c'est peu le cas pour les mesures d'adaptation. Qu'en pensez-vous ?
5. Mise en œuvre des politiques climatiques
 - a. Quelles sont les contraintes à la mise en œuvre des politiques climatiques cantonales ?
 - b. Cette nouvelle problématique « globale » du changement climatique nécessite-t-elle une adaptation des outils décisionnels suisses
6. NBS et mise en œuvre
 - a. Connaissez-vous le concept des nature-based solutions ? Comment les définissez-vous ?
 - b. Qu'impliquent-elles selon vous ?

- i. Quelles sont les valeurs associées ? (espaces verts et qualité de vie par ex)
 - c. Selon vous, les NBS sont-elles centrales dans un projet d'adaptation au changement climatique ?
 - d. Quelles seraient des actions pertinentes pour mettre en œuvre les NBS ?
 - i. Exemples concrets ?
 - e. Quelles peuvent être les contraintes à la mise en œuvre de NBS en tant qu'outils d'adaptation au changement climatique ?
 - i. Contraintes liées à l'emplacement (sol pas adapté), d'entretien (arbre qui doit être taillé pour laisser passer les trolleybus par ex), légales (lois pas assez contraignantes, pas opposable aux tiers), sociétales (opposition, référendum) etc.
- 7. Perspectives
 - a. Avez-vous quelque chose à ajouter ?
 - b. Auriez-vous d'autres personnes à me recommander qui seraient qualifiées pour répondre à ces questions d'adaptation au changement climatique ?

Guide d'entretien n°4

Damian Jerjen, directeur d'EspaceSuisse, 7.04.2021

1. Présentation du contexte de ma recherche
2. Présentation de l'interlocuteur
 - a. Pouvez-vous me décrire votre poste et votre rôle dans votre institution ?
 - b. Quelles sont vos implications dans le domaine de l'adaptation au changement climatique en Suisse ? Etiez-vous impliqué dans des projets du même type que celui de Serrières (réaménagement d'un espace public ?
 - c. Que pensez-vous du Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques de l'OFEV ? Qu'en tirez-vous pour l'instant ?
3. Situation générale changement climatique et EspaceSuisse
 - a. Pouvez-vous me donner une définition de l'adaptation au changement climatique ?
 - b. De manière générale, quels sont les enjeux que vous percevez en termes d'adaptation aux changements climatiques dans un milieu urbain ?
 - c. En tant que Directeur d'EspaceSuisse, qu'est-ce que vous préconisez face aux défis d'adaptation aux changements climatiques de manière générale ?
 - d. Des communes ont-elles déjà souhaité un conseil de la part d'EspaceSuisse concernant une problématique en lien avec l'adaptation au changement climatique sur leur territoire ?
4. NBS et mise en œuvre
 - a. Connaissez-vous le concept des nature-based solutions ? Comment les définissez-vous ?
 - b. Qu'impliquent-elles selon vous ?
 - i. Quelles sont les valeurs associées ? (espaces verts et qualité de vie par ex)
 - c. Selon vous, les NBS sont-elles centrales dans un projet d'adaptation au changement climatique ?
 - d. Quelles seraient des actions pertinentes pour mettre en œuvre les NBS ?
 - i. Exemples concrets ?
 - e. Quelles peuvent être les contraintes à la mise en œuvre de NBS en tant qu'outils d'adaptation au changement climatique ?
 - i. Contraintes liées à l'emplacement (sol pas adapté), d'entretien (arbre qui doit être taillé pour laisser passer les trolleybus par ex), légales (lois pas assez contraignantes, pas opposable aux tiers), sociétales (opposition, référendum) etc.
5. Perspectives
 - a. Avez-vous quelque chose à ajouter ?
 - b. Auriez-vous d'autres personnes à me recommander qui seraient qualifiées pour répondre à ces questions d'adaptation au changement climatique ?

Guide d'entretien n°5

Mathieu Petite, urbaniste-aménagiste, adjoint à l'urbaniste cantonale du canton de Genève,
21.05.2021

1. Présentation du contexte de ma recherche
2. Présentation de l'interlocuteur
 - a. Pouvez-vous me décrire votre poste et votre rôle dans votre institution ?
 - b. Quelles sont vos implications dans les politiques climatiques et les politiques de végétalisation du canton de Genève ? ^[11]_[SEP] (développement urbain adapté aux CC)
 - c. Que pensez-vous du Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques de l'OFEV ? Qu'en tirez-vous pour l'instant ?
3. Situation générale à Genève et changements climatiques
 - a. De manière générale dans la ville de Genève, quels sont les enjeux que vous percevez en termes d'adaptation aux changements climatiques ?
 - b. Qu'est-ce que vous préconisez face aux défis d'adaptation aux changements climatiques de manière générale en tant qu'urbaniste ?
4. Politiques climatiques
 - a. Quelle est l'importance de l'adaptation aux CC et aux ilots de chaleur urbain dans les politiques de développement territorial du canton de Genève ? Plan climat cantonal, objectifs clairs, guide pour l'adaptation et l'atténuation
 - b. (Quels sont les instruments formels (lois, règlements etc.) de la politique de l'aménagement du territoire concernant la problématique des ilots de chaleur urbains dans le canton de Genève ?) stratégie d'arborisation
 - c. Et les instruments « informels » ? (Protocoles ad hoc/basé sur les problèmes, nouveaux protocoles décisionnels)
 - d. Une scientifique (Emelianoff) a dit en 2007 que les cadres réglementaires et politiques sont souvent inadaptés aux problématiques urbaines et environnementales actuelles. Qu'en pensez-vous ? Une adaptation des outils décisionnels suisses est-elle nécessaire ?
 - e. (Bertrand et Richard (2015) énoncent eux que les stratégies d'atténuation sont relativement présentes dans les politiques énergétiques locales néanmoins c'est peu le cas pour les mesures d'adaptation. Qu'en pensez-vous ?)
5. Mise en œuvre des politiques d'adaptation aux CC
 - a. Des projets similaires au projet Serrières ont-ils pu être réalisés à Genève ?
 - i. Projet Cool-City : collaboration entre HES
 - ii. Projet : Communes de Thonex et Pupplinges mesures paysagères
 - iii. Projet PAV (Prailles-Acacias-Vernier)
 - iv. Peu de réalisations concrètes
 - v. Projet au centre de GE, stationnement
 - b. Quelles sont les contraintes à la mise en œuvre de ces projets ?

- c. (Cette nouvelle problématique « globale » du changement climatique nécessite-t-elle une adaptation des outils décisionnels suisses ?)
6. NBS et mise en œuvre
- a. Connaissez-vous le concept des nature-based solutions ? Comment les définissez-vous ?
 - i. Les NBS c'est un concept qui prône d'utiliser les propriétés naturelles des écosystèmes pour limiter les effets des changements climatiques. Les toits végétalisés, les lagunes urbaines, les parcs urbains, les surfaces perméables peuvent être définies comme des NSB
 - b. Qu'impliquent-elles selon vous ? Quelles sont les valeurs associées ? (espaces verts et qualité de vie par ex)
Collaboration avec les offices
 - c. Selon vous, les NBS sont-elles centrales dans un projet d'adaptation au changement climatique ?
 - d. Quelles seraient des actions pertinentes pour mettre en œuvre les NBS ?
 - i. Exemples concrets ?
 - ii. Collaboration avec les autres offices qui ont une incidence spatiale, but de coordonner, transversalité
 - e. Quelles peuvent être les contraintes à la mise en œuvre de NBS en tant qu'outils d'adaptation au changement climatique ?
 - i. Contraintes liées à l'emplacement (sol pas adapté), d'entretien (arbre qui doit être taillé pour laisser passer les trolleybus par ex), légales (lois pas assez contraignantes, pas opposable aux tiers), sociétales (opposition, référendum) etc.
 - ii. Temporalité, problème
 - iii. Stationnement, compensation des places, règlements sur le stationnement contraignants
7. Perspectives
- a. Avez-vous quelque chose à ajouter ?
 - b. Auriez-vous d'autres personnes à me recommander qui seraient qualifiées pour répondre à ces questions d'adaptation au changement climatique ?

Guide d'entretien n°6

Maude Sauvain, directrice du bureau « Latitude Durable », mandatée en tant que cheffe de projet par le canton de Genève dans le cadre du projet « Cool City, 31.05.2021

1. Présentation du contexte de ma recherche
2. Présentation de l'interlocuteur
 - a. Pouvez-vous me décrire votre poste et votre rôle dans votre institution ?
 - b. Quelles sont vos implications dans les politiques climatiques et les politiques de végétalisation du canton de Genève ? (Développement urbain adapté aux changements climatiques)
3. Implications autorités
 - a. Que pensez-vous du soutien de la Programme pilote d'adaptation aux changements climatiques de l'OFEV ?
 - b. Le soutien de l'OFEV a-t-il aidé à l'avancée et l'acceptation du projet Cool City ?
 - c. Le projet a-t-il eut des oppositions ? Si oui, lesquelles et pour quelles raisons ?
4. Situation générale à Genève et changements climatiques
 - a. De manière générale dans la ville de Genève, quels sont les enjeux que vous percevez en termes d'adaptation aux changements climatiques ?
 - b. Qu'est-ce que vous préconisez face aux défis d'adaptation aux changements climatiques de manière générale en tant que géographe ?
 - c. Quelle est l'importance de l'adaptation aux CC et aux ilots de chaleur urbain dans les politiques de développement territorial du canton de Genève ?
 - d. Une scientifique (Emelianoff) a dit en 2007 que les cadres réglementaires et politiques sont souvent inadaptés aux problématiques urbaines et environnementales actuels. Qu'en pensez-vous ? Une adaptation des outils décisionnels suisses est-elle nécessaire ?
 - e. Bertrand et Richard (2015) énoncent eux que les stratégies d'atténuation du changement climatique (Ex. diminution des émissions des gaz à effet de serre) sont relativement présentes dans les politiques locales néanmoins c'est peu le cas pour les mesures d'adaptation aux effets du changement climatique. Qu'en pensez-vous ?
5. Organisation projet Cool City
 - a. Comment le thème « atténuation des ilots de chaleur urbain » a-t-il été mis au centre du projet Cool City ? Volonté politique ou de la population ?
 - b. Qui sont les principaux acteurs ?
 - c. Quelle a été la démarche de mise en place du projet ?
 - d. Quelles sont les contraintes à la mise en œuvre d'un projet de ce type ?
 - e. Où en est le projet ? (Première opération réalisée sur le site au printemps 2021 ?)
6. Ilots de chaleur et actions pilotes
 - a. Le projet Cool City est comparable au projet Serrières de par leurs objectifs et leurs mesures. La démarche est-elle la même ?
 - b. Est-ce que des espaces ont clairement été identifiés comme étant problématiques en termes d'ilots de chaleur urbain dans le secteur ? Lesquels et comment ?

7. NBS et mise en œuvre
 - a. Connaissez-vous le concept des nature-based solutions (NBS) ? Comment les définissez-vous ?
 - i. Les NBS c'est un concept qui prône d'utiliser les propriétés naturelles des écosystèmes pour limiter les effets des changements climatiques. Les toits végétalisés, les lagunes urbaines, les parcs urbains, les surfaces perméables peuvent être définies comme des NBS.
 - b. Les mesures prévues dans Cool City peuvent-elles être qualifiées de NBS selon vous ?
 - c. Quelles seraient des actions pertinentes pour mettre en œuvre les NBS ?
 - i. Collaboration, transversalité, coordination ?
 - d. Quelles peuvent être les contraintes à la mise en œuvre de NBS en tant qu'outils d'adaptation au changement climatique ?
 - i. Contraintes liées à l'emplacement (sol pas adapté), d'entretien (arbre qui doit être taillé pour laisser passer les trolleybus par ex), légales (lois pas assez contraignantes, pas opposable aux tiers), sociétales (opposition, référendum), problème de la temporalité etc.
 - ii. Autres ?
 - e. Avez-vous quelque chose à ajouter ?